



(11) (21) Patentihakemus - Patentansökan 974102

(51) Kv.lk.6 - Int.kl.6

H 04B 7/04, 7/185
H 04Q 7/36, H 01Q 3/00

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 30.10.97

(24) Alkupäivä - Löpdag 30.10.97

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 01.05.98

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

30.10.96 US 739645 P

SUOMI-FINLAND
(FI)Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(71) Hakija - Sökande

1. Motorola, Inc., 1303 East Algonquin Road, Schaumburg, IL 60196, USA, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Turcotte, Randy Lee, 1329 E. LaVieve Land, Tempe, AZ 85284, USA, (US)

2. Ma, Stephen Chih-Hung, 2321 W. Keating, Mesa, AZ 85202, USA, (US)

3. Aguirre, Sergio, 6 Campus Circle, Westlake, TX 76262, USA, (US)

(74) Asiamies - Ombud: Seppo Laine Oy, Lönnrotinkatu 19 A, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä ja älykäs antennikeilojen muodostusjärjestelmä, jossa on parannettun signaalilaadun omaavat tietoliikenneyhteydet

Förvarande och intelligent formningssystem för antennlober med datakommunikationer med förbättrad signalkvalitet

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Älykäs digitaalinen antennikeilojen muodos-tin (10) muodostaa satelliitissa sijaitsevan ryhmääntennin (20) kanssa yhdessä useita dynaamisesti ohjattavia antennikeiloja (52) maanpinnalla sijaitsevien tilaajayksiköiden kanssa viestimistä varten. Viestintäpalveluja pyytävän tilaajayksikön (90) sijainti määritetään ja useita antennikeiloja muodostetaan ja osoitetaan tilaajayksikölle. Antennikeila seuraa tilaajayksikötä satelliitin ja/tai tilaajayksikön liikkumessa. Digitaaliset antennikeilojen muodostuskertoimet asetetaan ja säädetään dynaamisesti, mikä auttaa tietoliikenteen signaalilaadun maksimoimista tilaajayksiköillä.

Jatkuu seur. sivulla
Forts. nästa sida

Menetelmä ja älykäs antennikeilojen muodostusjärjestelmä,
jossa on parannetun signaalinlaadun omaavat tieto-
liikenneyhteydet

5 Tämä keksintö liittyy vaiheistettujen ryhmääntennien alaan
ja erityisesti digitaaliseen antennikeilojen muodostuk-
seen.

10 Satelliittiviestintäjärjestelmät ovat käytäneet vaiheis-
tettuja ryhmääntenneja useiden käyttäjien kanssa viestimi-
seen useiden antennikeilojen avulla. Tehokkaat kaistan-
leveysmodulointitekniikat on tyypillisesti yhdistetty
kanavointitekniikkoihin, ja käyttäjien lukumäärän suuren-
tamiseksi käytetään taajuuserotustekniikkoja. Elektronisen
15 ympäristön tullessa vilkasliikenteisemmäksi langattomien
henkilökohtaisten viestintälaitteiden kuten matkapuheli-
mien ja hakulaitteiden lisääntyessä näitä langattomia
viestintäjärjestelmiä varten tarvitaan yhä enemmän infor-
maatiota, ja nämä tulevat monimutkaisemmiksi. Esimerkiksi
20 kaikkien käyttäjien kilpaillessa rajoitetusta taajuusalu-
eesta eri järjestelmien keskinäisten häiriöiden lieventä-
minen on perustekijänä taajuusalueen varaanmiselle eri jär-
jestelmille.

25 Lisäksi taajuusalueen osittamisen käsitteellä, esim. usei-
den järjestelmien kyvyllä käyttää samanaikaisesti yhteistä
taajuusaluetta, on suuri merkitys teleliikennelisenssejä
satelliittijärjestelmien operaattoreille myöntäville hal-
lituselimiille, kuten esimerkiksi Federal Communications
30 Comissionille (FCC USA:ssa).

35 Tarvitaan siis sellainen viestintäjärjestelmä, joka lie-
ventää häiriötä muiden järjestelmien välillä ja samalla
käyttää mainittujen muiden järjestelmien kanssa yhteistä
taajuusaluetta. Siten tarvitaan myös laite ja menetelmä,

joka pystyy käyttämään yhteistä taajuusaluetta ja suoritetaan muiden viestintäjärjestelmien kanssa yhteisen taajuusalueen osittamisen.

5 Vaikka antennikeilojen muodostusta varten on kehitetty joukko erilaisia tekniikkoja, niin nykyisiltä digitaalista antennikeilojen muodostusta käytäviltä antennijärjestelmiltä puuttuu monien viestintäjärjestelmäsovellusten välttämä laskentakyky. Näin ollen tarvitaan sellainen digitaalinen antennikeilojen muodostusjärjestelmä, joka saa ai-kaan suuren laskentatehon pienin kustannuksin.

10 15 Tämä keksintö on erityisesti esitetty oheisissa patentti-vaatimuksissa. Esillä oleva keksintö voidaan ymmärtää täydellisemmin seuraavan yksityiskohtaisen selityksen ja patenttivaatimusten avulla ja tarkastelemalla niitä oheisten kuvioiden yhteydessä, missä samat viitenumeroit viittavat samanlaisiin nimikkeisiin kaikissa kuvioissa ja missä:

20 kuvio 1 esittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen (digital beam former) käsittävän satelliittivastaanotinosan ja -lähetinosan lohkokaaviota;

25 kuvio 2 esittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen käsittävän maapäätteen (ground terminal) ja ryhmäantennin lohkokaaviota;

30 35 kuvio 3 esittää geostationaarista satelliittia, joka käyttää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaista digitaalista antennikeilojen muodostinta ja joka käyttää ei-geostationaarisen satelliitin kanssa yhteistä taajuusaluetta;

14 kuvio 4 esittää satelliittia, joka muodostaa yksittäisiä antennikeiloja ja jossa on käytetty esillä olevan keksinnön mukaista digitaalista antennikeiloen muodostinta;

15 kuvio 5 esittää viestintäpalvelujen kysynnästä riippuvia antennikeilojen projektioita maanpinnalla esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaista digitaalista antennikeiloen muodostinta käytettäessä;

20 kuviot 6 ja 7 ovat vuokaavioita, jotka kuvaavat esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaista häiriöiden lieventämis- ja antennikeiloen kohdentamisproseduuria;

25 kuvio 8 on vuokaavio, joka kuvaaa proseduuria antennikeilojen muodostamiseksi maantieteellisille alueille viestintäpalvelujen kysynnän mukaan;

30 kuvio 9 esittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeiloen muodostimen lohkokaaviota;

35 kuvio 10 esittää lohkokaaviota, joka edustaa sellaisen laskentayksikön ensimmäistä suoritusmuotoa, joka soveltuu käytettäväksi esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon digitaalisessa antennikeiloen muodostimessa;

40 kuvio 11 esittää lohkokaaviota, joka edustaa sellaisen laskentayksikön toista suoritusmuotoa, joka soveltuu käytettäväksi esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon digitaalisessa antennikeiloen muodostimessa;

45 kuvio 12 esittää lohkokaaviota, joka edustaa sellaisen laskentayksikön kolmatta suoritusmuotoa, joka soveltuu

antennin säteilykuviossa. Esillä oleva keksintö saa aikaan myös digitaalisen antennikeilojen muodostimen, joka lieventää häiritsevistä signaaleista aiheutuvia häiriöitä.

5 Esillä oleva keksintö saa lisäksi aikaan menetelmän digitaalisen antennikeilojen muodostimen käsittävää ryhmääntennia käyttävien viestintäpäätteiden, tilaajayksiköiden, linkkien tai lentokoneiden kanssa viestimiseen. Parhaana 10 pidetyssä suoritusmuodossa digitaaliset antennikeilojen muodostuskertoimet asetetaan viestintäpäätteiltä vastaanotettujen viestintäsignaalien signaalinlaadun parantamiseksi tai maksimoimiseksi. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa viestintäpääte antaa satelliitille laatu-lukemat (quality indicators), jotka ilmaisevat viestintä-15 pääteen vastaanottamien signaalien laadun. Vastaanotettujen yhteyden laatulukemien perusteella satelliitissa sijaitseva digitaalinen antennikeilojen muodostin asettaa antenninsa säteilykuvion dynaamisesti, mikä helpottaa viestintäpäätteelle lähetettävän signaalin optimointia. 20 Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa digitaaliset antennikeilojen muodostuskertoimet asetetaan uudelleen vastaanotettujen signaalien signaalinlaadun pi-tämiseksi ennallaan ja signaalinlaadun parantamisen tai maksimoinnin helpottamiseksi viestintäpäätteen ja satel-25 liitin keskinäisen sijainnin muuttuessa.

Esillä oleva keksintö saa aikaan myös menetelmän viestintäpäätteiden kanssa viestimiseen satelliitissa sijaitsevassa ryhmääntennissa olevaa digitaalista antennikeilojen muodostinta käyttäen. Digitaaliset antennikeilojen muodostuskertoimet asetetaan useampien antennikeilojen muodostamiseksi sellaisille maantieteellisille alueille, joilla viestintäpalvelujen kysyntä on suuri, ja asetetaan myös vähempien antennikeilojen muodostamiseksi sellaisille alueille, joilla viestintäpalvelujen kysyntä on vähäinen. 30 35

Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa, tiettyyn maantieteelliseen alueeseen liittyvien viestintäpalvelujen kysynnän muuttuessa, esillä olevan keksinnön digitaalinen antennikeilojen muodostin kohdentaa antennikeilat dynaamisesti 5 tai kohdentaa lisää antennikeiloja viestintäpalvelujen kysynnän muutosten mukaan. Esillä oleva keksintö saa ai-kaan myös viestintäpääätteen, kuten esimerkiksi tilaajayksikön, joka on yhteydessä satelliitteihin, viestintäase-10 miin tai toisiin viestintäpääteisiin digitaalisen anten-nikeilojen muodostimeen liitettyä ryhmääntennia käyttäen.

Analogiset ryhmääntennit ovat tunnettua tekniikkaa. Anten-nikeilojen ominaispiirteitä säädetään kunkin ryhmäelementin vastaanottaman tai lähetämän signaalin amplitudia tai 15 vaihetta säätämällä. Näiden säätöjen avulla kutakin anten-nikeilaa voidaan muokata, määritellä sen kohdistussuunta, suunnata antennin nollakohdat jne. Useiden antennikeilojen muodostamiseksi voidaan käyttää useita amplitudi- ja vai-heasetuksia. Näiden järjestelmien monimutkaisuuden vuoksi 20 useimmat analogiset ryhmääntennit, jotka kehittävät useita antennikeiloja käsittäviä säteilykuvioita, ovat vaiheis-tettuja ryhmiä, jotka käyttävät apumatriisia kustakin ryh-män elementistä tulevien signaalien yhdistämiseksi. Apu-25 matriisin ja yhdistämispiaarin muodostamisen jälkeen antennikeilojen ominaispiirteet pysyvät yleensä muuttamattomi-na. Esillä olevassa keksinnössä on käytetty digitaalista antennikeilojen muodostinta jokaisen säteilyelementin amplitudin ja vaiheen säätämiseksi useiden antennikeilojen muodostamiseksi. Antennikeilojen ominaispiirteitä, kuten 30 esimerkiksi pääkeilan kohdennussuuntaa, minkä tahansa muiden antennikeilojen kohdennussuuntaa, kaistanleveyttä, nollakohtien sijaintia, apertuuriepäsäännöllisyksien korjauksia ja antennikeilojen muita ominaispiirteitä säää-detään antennikeilojen kertoimien dynaamista asettelua 35 käyttämällä. Tällainen joustavuus ei ole mahdollista ana-

logisia vaiheistettuja ryhmääntenneja käyttävissä toteutuksissa.

Kuvio 1 esittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn 5 suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen käsittävän satelliittivastaanotinosan ja -lähetinosan lohkokaaviota. Digitaalinen antennikeilojen muodostin 10 käsittää vastaanoton digitaalisen antennikeilojen muodostuspiirin (DBF network, digital beam forming 10 network) 32, vastaanoton antennikeilojen ohjausmoduulin (receive beam control module) 34, vastaanoton DBF-ohjaimen (receive DBF controller) 36, lähetysten DBF-piirin (transmit DBF network) 40, lähetysten antennikeilojen ohjausmoduulin (transmit beam control module) 42 sekä lähetysten 15 DBF-ohjaimen (transmit DBF controller) 48. Vastaanotinosat käsittävät ryhmääntennin 20 vastaanotto-osan, yhden tai useamman vastaanotinmoduulin 26 sekä yhden tai useamman analogi-digitaalimuuntimen (A/D converter; AD-muuntimen) 28.

20 Antennikeilojen muodostin 10 toteuttaa antennikeilan ohjaus- ja säätötoiminnot, jotka ovat välttämättömät halutut ominaispiirteet omaavien antennikeilojen muodostamiseksi. Antennikeilojen muodostimen 10 kullekin antennikeilan 25 kanavajaottimelle (beam channelizer) 35 antamat digitaaliset ulostulot ovat mieluimmin yhden antennikeilan ohjaus-signaalia vastaavat. Nämä digitaaliset ulostulot reititeitään pakettivälityselementtien (packet switching elements) avulla joko asianmukaisille siltayhteyksien (cross-link) 30 yhdysteille tai alaspäisille (down-link) yhdysteille. Alaspäisten yhteyksien tapauksessa prosessi on käänteinen.

35 Lähetysten digitaalinen antennikeilojen muodostuspiiri 40 soveltaa tarkoituksenmukaisia antennikeilojen ohjausvektoreita ja antennikeilojen säätövektoreita kullekin näistä

signaaleista muodostaen alaspäiset antennikeilat, joilla on ennalta määritetyt ominaispiirteet. Nämä kantataajuiset signaalit muunnetaan takaisin analogisignaaleiksi ja siirretään alaspäisten yhteyksien taajuuksille. Jokaista yksittäistä ryhmän elementtiä ohjataan mieluimmin tehovahvistimella (PA, power amplifier). Lähetinosa käsittää yhden tai useamman digitaali-analogimuuntimen (D/A; DA-muuntimen) 44, yhden tai useamman lähetinmoduulin 46 ja ryhmääntennin 20 lähetysosan.

10

Ryhmääntenni 20 käsittää elementit 22, jotka on mieluimmin sovitettu kaksiulotteiseksi ryhmäksi, mutta mitkä tahansa muut antennirakenteet ovat sopivia. Vastaanotetut radiotaajuussignaalit (RF-signaalit) ilmaistaan ja digitoidaan elementtiasolla. Kun häipymistä ei esiinny, kyllakin elementillä vastaanotettujen signaalien amplitudit yleensä ovat yhtä suuret mutta vaiheet ovat toisistaan eroavat. Signaalit voivat edustaa mitä tahansa määräää viestintäkanavia.

20

Vastaanotinmoduulit 26 kehittävät analogisignaalit vastaanotettujen signaalien mukaan. Vastaanotinmoduulit 26 suorittavat taajuuden alasmuunnos- ja suodatustoiminnon sekä vahvistuksen AD-muuntimille 28 sopivalle tehotasolle. Säteilysignaalien vaiheinformaatio säilytetään analogisignaaliin sisältyvän samavaihekomponeentin (in phase component; I-komponentti) ja 90° vaihe-erokomponeentin (quadrature component; Q-komponentti) avulla. I- ja Q-komponentit edustavat vastaavasti analogisen kompleksisignaalin reaalista- ja imaginaariosaa. Elementtien 22 ja vastaanotinmoduulien 26 välillä on mieluimmin yksi-yhteen vastaavuus.

30

AD-muuntimet 28 näytteittävät ja digitoivat analogisignaalit ja tuottavat digitaalisignaalit. Kukin AD-muunnin on mieluimmin varattu vastaavan ryhmäelementin tuottamien

35

Datapakettien välityselementeiltä 38 tuleva paketista purettu data annetaan antennikeilasyntetisaattorimoduuleille 45. Datapakettien välityselementit 38 antavat kutakin yksittäistä antennikeilaa edustavan digitaalisen datavirran 5 kullekin antennikeilasyntetisaattorimoduulille 45. Tulevat digitaaliset signaalit käsittävät mieluimmin kunkin kanavan/antennikeilan vaiheinformaation (I- ja Q-komponentit). Antennikeilasyntetisaattorimoduulit 45 muuntavat tämän 10 digitaalisen datavirran digitaaliseksi lähtösignaaliaksi, joka edustaa lähetynksen kunkin säteilyelementin 22 analogisia aaltomuotoja. Kukin antennikeilasyntetisaattorimoduuli 45 antaa digitaalisen lähtösignaalinsa sekä lähetynksen 15 digitaaliselle antennikeilojen muodostuspiirille 40 että lähetynksen antennikeilojen ohjausmoduulille 42. Lähetynksen antennikeilojen ohjausmoduuli 42 antaa painotetut summat lähetynksen digitaaliselle antennikeilojen muodostuspiirille 40. Painotettu summa muodostetaan mieluimmin vastaamaan lähetynksen kutakin ryhmääntennin 20 säteilyelementtiä 22.

20 Lähetynksen antennikeilojen ohjausmoduuli 42 siirtää painoarvot digitaaliseen antennikeilojen muodostuspiiriin 40. Lähetynksen antennikeilojen ohjausmoduuli 42 määrittää 25 adaptiivisesti sopivaa algoritmia käyttäen tarkoituksenmukaiset painoarvot.

DA-muuntimet 44 muuntavat antennikeilojen muodostuspiirin 40 kutakin säteilyelementtiä vastaavat digitaaliset lähtösignaalit vastaaviksi analogisignaaleiksi kunkin säteilyelementin 22 osalta. Lähetinmoduulit 46 kehittävät säteilyelementeillä lähetettäviksi sopivat signaalit ja suorittavat mieluimmin taajuuden ylösmuunnos-, suodatus- 30 ja vahvistustoiminnot.

Kuviossa 1 esitetyllä digitaalisella antennikeilat muodostavalla antennijärjestelmällä on etuja tavanomaisiin kiinteän säteilykeilan omaaviin antenneihin verrattuna, koska se voi muun muassa erottaa hyvin lähekkäin sijaitsevat käyttäjät, asetella antennikeilat tulevan datan mukaan adaptiivisesti, muodostaa antennikeilat eri käyttäjille, muodostaa antennikeilat viestintäpalvelujen kysynnän mukaan ja parantaa ei-haluttujen RF-signaalien säteilykuvion nollakohtien muodostusta. Nämä piirteet on toteutettu ohjaimiin 36 ja 48 sulautetun asianmukaisen ohjelmiston avulla.

Kuvio 2 esittää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen käsittävän viestintäpäätteen ja ryhmääntennin lohkokaaviota. Viestintäpäätte 90 voi olla matkapäätte, maa-asema, linkkiasema tai viestintäpäätte, kuten esimerkiksi matkaviestin tai matkapuhelin, ja se voi olla liikkuva tai paikallaan pysyvä. Viestintäpäätte 90 voi olla myös lento-koneessa. Viestintäpäätte 90 on liitetty ryhmääntenniin 89. Ryhmääntenni 89 käsittää useita säteilyelementtejä, jotka on mieluimmin sovitettu kaksiulotteiseksi ryhmäkokoonpanoksi. Kukin ryhmäelementti suorittaa mieluimmin RF-signaalien vastaanottamisen ja/tai lähettämisen. Antennien ominaisuuksista johtuen tässä esitetty selitys sopii yhtäläisesti lähetykseen ja vastaanottoon.

Viestintäpäätte 90 käsittää suuntavaimentimet (isolators) 91, jotka erottavat ryhmääntenniltä 89 vastaanotettavat ja lähetettävät signaalit. Suuntavaimentimet 91 antavat lähetyssignaalin lähetysmoduuleilta 93 kullekin ryhmäelementille lähetysmoduulien 93 kautta. Suuntavaimentimet 93 antavat kultakin ryhmäelementiltä vastaanotetut signaalit vastaanottomoduuleille 92. Maapäätte 90 käsittää myös digitaalisen antennikeilojen muodostimen (DBF) 10, joka käsitt

tää mieluummin lähetysken digitaalisen antennikeilojen muodostuspiirin 94, vastaanoton digitaalisen antennikeilojen muodostuspiirin 98 ja digitaalisen antennikeilojen muodostusohjaimen 99. Lähetysken digitaalinen antennikeilojen muodostuspiiri 94 vastaanottaa DBF-ohjaimelta 99 antennikeilojen muodostuskertoimet, jotka säätävät lähetettyjen RF-signaalien vaihetta ja amplitudia ryhmääntennin 89 kullakin säteilyelementillä. Vastaanoton digitaalinen antennikeilojen muodostuspiiri 98 vastaanottaa DBF-ohjaimelta 99 antennikeilojen muodostuskertoimet ja suorittaa ryhmääntennin 89 ryhmäelementeiltä vastaanotettujen RF-signaalien vaihe- ja amplitudiasetuksen.

Lähetysmoduulit 93 ovat samanlaiset ja suorittavat samanlaiset toiminnot kuin kuvion 1 lähetysmoduulit 46. Vastaanottomoduulit 92 ovat samanlaiset ja suorittavat samanlaiset toiminnot kuin kuvion 1 vastaanotinmoduulit 26. Lähetysmoduulit 93 muuntavat lähetysken digitaalisesta antennikeilojen muodostuspiiristä 94 vastaanotetut digitaaliset I- ja Q-signaalit analogisignaaleiksi, kun taas vastaanottomoduulit 92 muuntavat analogisignaalit digitaaliseksi I- ja Q-signaaleiksi ja antavat nämä digitaaliset I- ja Q-signaalit vastaanoton digitaaliseen antennikeilojen muodostuspiiriin 98. Vastaanoton digitaalinen antennikeilojen muodostuspiiri 98 antaa digitaaliselle signaaliprosessorille (DSP, digital signal processor) 95 kanavoidun digitaalisen lähtösignaalin, joka edustaa maapäätteen viestintään käyttämän viestintäkanavan signaalia. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa maapäätte 90 voi viestiä useilla kanavilla samanaikaisesti. Näin ollen vastaanoton digitaalinen antennikeilojen muodostuspiiri 98 antaa signaalin kunkin viestintäkanavan osalta DSP:lle 95.

Tässä suoritusmuodossa DSP 95 antaa viestintäkanavan signaalin myös lähetysken digitaaliselle antennikeilojen muo-

kertaa 16 sisäänmenoa AD-muuntimilta. I- ja Q-bittien lukumäärä voi olla suurempi tai pienempi kuin 16, ja säteilyelementtien lukumäärä riippuu useista tekijöistä, siirtomarginaali (link margin), signaalikohinasuhde ja antennikeilojen ominaispiirteet mukaanluettuna. Esimerkiksi tilaajayksikössä ja matkaviestin- tai matkapuhelinsoveluksissa säteilyelementtien lukumäärä voi olla 8 ja muutaman sadan välillä, kun taas matka- ja maapäätteillä, jotka käsittelevät monia erilaisia viestintäkanavia monien eri antennikeilojen avulla, säteilyelementtien lukumäärä voi olla useista sadoista useisiin tuhansiin. Kuvion 2 viestintäpääte voi olla yhteydessä satelliittiin tai toiseen viestintääsemaan tai toiseen tilaajayksikköön tai viestintäpäätteeseen digitaalista antennikeilojen muodostinta 88 käyttäen.

Digitaalinen antennikeilojen muodostin 88 käsittää lähetysten digitaalisen antennikeilojen muodostuspiirin 94, vastaanoton digitaalisen antennikeilojen muodostuspiirin 98 sekä digitaalisen antennikeilojen muodostusohjaimen 99. Digitaalinen antennikeilojen muodostin 88 suorittaa samat toiminnot ja käsittää samanlaiset laitteistoelementit kuin kuvion 1 digitaalinen antennikeilojen muodostin 10.

Kuvion 2 tilaajayksikössä tai viestintäpäätteessä 90 toteutettua digitaalista antennikeilojen muodostinta 88 käyttäen viestintäpääte 90 esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa seuraa häiritseviä signaaleja ja muodostaa antenninsa säteilykuvioon nollakohdan häiritsevän signaalin suunnassa. Esimerkiksi jos maa-asema on yhteydessä geostationaarisiin satelliitteihin, häiritsevä signaali voi aiheuttaa siitä, että matalalla maan kiertoradalla oleva satelliitti liikkuu taivaan poikki. Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa päätte 90 seuraa myös muita häiritseviä signaaleja ja muodostaa anten-

5 nin säteilykuvion nollakohdat näiden häiritsevien signaalien suunnassa. Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa viestintäpääte 90 yrittää parantaa tulevien signaalien vastaanottoaan asettamalla vastaanottimen-
sa DBF-kertoimet signaalin laatutekijöiden, kuten esimer-
kiksi signaalikohinasuhteen tai kantoaallon ja kohinan plus häiriön suhteen parantamiseksi.

10 Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa viestintäpääte 90 vastaanottaa yhteyden laatulukeman viestintääsemalta tai satelliitiltä (tai toiselta viestintäpäätteeltä), johon se on yhteydessä. Yhteyden laatulukema (LQI, link quality indicator) muodostaa mieluimmin 3 data-bittiä ja ilmaisee satelliitin vastaanottimella tai maatukiaseman vastaanottimella vastaanotetun signaalin laadun. 15 Tämä yhteyden laatulukema annetaan takaisin maapäätteelle tai tilaajayksikölle, joka asettaa sen mukaan dynaamisesti lähetysensä digitaaliset antennikeilojen muodostuskertoimet lähetämänsä signaalin laadun parantamiseksi. Tässä suoritusmuodossa DSP 95 evaluoi yhteyden laatulukeman ja käskee DBF-ohjaimen 99 asettaa antennikeilojen muodostuskertoimet, jotka annetaan lähetysen digitaaliselle antennikeilojen muodostuspiirille 94. Yleisesti ottaen tämä aiheuttaa sen, että lähetysen ja vastaanoton antennikeilojen ominaispiirteet ovat paremmin optimoidut siinä niemenomaisessa tilanteessa, jossa tilaajayksikkö tai viestintäpääte kulloinkin on. Tämä tilanne käsittää toisista signaaleista aiheutuvien häiriöiden ominaispiirteet, maaston aiheuttamien häiriöiden ominaispiirteet ja vastaanottavan tukiaseman ja/tai satelliitin vastaanotinantennin erityiset ominaispiirteet. 20 25 30

Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa tilaajayksikkö ja/tai viestintäpäätte 90 seuraa tukiasemalta ja satelliitilta tulevaa viestintäsignaalia tilaajayksikölle.

sikön tai maapäätteen liikkuessa. Liikkuvat tilaajayksiköt seuraavat esimerkiksi sen maa-aseman tai satelliitin suuntaa, johon ne ovat yhteydessä. Tämä seuranta suoritetaan jollakin useista eri tavoista mukaanluettuna vastaanottosignaalin käyttäminen ja vastaanottosignaalin tulosuuntakulman analysoiminen. Vaihtoehtoisessa tapauksessa tilaajayksikön liikkuessa antennikeilat, mieluimmin sekä lähetyskenet etä vastaanoton antennikeilat, asetetaan sitten, että se auttaa parantamaan signaalinlaatua. Tästä aiheutuvat antennin säteilykuviot suunnataan sen mukaisesi viestintääsemaa kohti, kun taas nollakohdat suunnataan mitä tahansa häiritsevää signaalilähettää kohti. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa tilaajayksikkö on sovitettu viestimään satelliittien kanssa ja ei-geostationaarisen radalla kuten esimerkiksi matalalla maan kiertoradalla olevien satelliittien kanssa. Kun satelliitti kulkee yläpuolitse, antennikeilojen ominaispiirteet asetetaan digitaalista antennikeilojen muodostinta 88 käyttäen parannetun tietoliikenteen ylläpitämiseksi matalalla maan kiertoradalla olevan satelliitin kanssa ja sen pitämiseksi mieluimmin suunnattuna satelliittia kohden tämän liikkuessa taivaan poikki.

Eräs esimerkki kuvion 2 tilaajayksiköstä ja ryhmääntennista 89 käsittäisi moottoriajoneuvon katolle asennetut ryhmäelementit, jotka on kytketty ajoneuvon sisälle sijoitettuun viestintäpäätteeseen 90. Maapäätteen tapauksessa ryhmäelementit voidaan asentaa talon tai rakennuksen katolle, ja maapäätte voi sijaita toisaalla.

Kuvio 3 esittää geostationaarista satelliittia, joka käsitteää esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen, joka satelliitti käyttää ei-geostationaarisen satelliitin kanssa yhteistä taajuusaluetta. Kuvio 3 esittää tyypillis-

tä taajuusalueen ositusskenaariota, jossa esillä olevaa 5 keksintöä voidaan käyttää. Kuten esitetty, geostationaari- sen (GSO, geostationary) satelliitin 62 ja ei-geostatio- naarisen (NGSO, non-geostationary) satelliitin 60, NSGO- pääteen 68, GSO-maapäätteen 66 ja häiritsevän signaali- lähteen 64 välillä on useita suoria tähtäysviivoja. Koska 10 NSGO-satelliitti 60 ei ole maanpinnan suhteen kiinteä, NSGO-satelliitti voi tulla näköpiiriin eri ajankohtina. Jos kaksi viestintäjärjestelmää käyttävät taajuusalueen 15 yhteistä segmenttiä, niin näiden kahden järjestelmän vä- lillä voi esiintyä häiriöitä.

Kun GSO-satelliitti 62 käyttää esillä olevan keksinnön 20 digitaalista antennikeilojen muodostinta, digitaalisen antennikeilojen muodostimen vastaanotto-osa sovittaa GSO- satelliitin antennikeilat mieluimmin siten, että sen pää- keila osoitetaan GSO-maapäätteen 66 suuntaan ja samalla antennin säteilykuvioon muodostetaan nollakohta NSGO-maa- pääteen 68 suunnassa. Tämän johdosta mahdolliset NSGO- 25 maapäätteeltä 68 lähtöisin olevat häiriöt pienenevät huo- mattavasti. Toinen nollakohta GSO-satelliitin 62 antennin säteilykuviossa on mieluimmin suunnattu NSGO-satelliitti 60 kohti ja seuraa tätä. Tämän aikaansaamiseksi DBF:n vastaanoton ja/tai lähetyskseen kertoimet asetetaan jatku- 30 vasti nollakohdan pysytämiseksi NSGO-satelliitin 60 suun- nassa NSGO-satelliitin 60 liikkuessa. Näin ollen näitä nollakohtia säädetään dynaamisesti.

NGSO-päättettä 68 kohti suunnattuun antennin säteilykuvioon 35 on sijoitettu nollakohdat. NSGO-pääte 68 lähetää ja vastaanottaa kunakin kertana tavallisesti vain, kun NSGO- satelliitti on yläpuolella. Näin ollen GSO-satelliitin 62 lähetys- ja vastaanottoantennin säteilykuviossa olevat nollakohdat voidaan kytkeä päälle ja kytkeä pois NSGO- pääteen 68 mukaan. Nollakohdan sijoittaminen GSO-satel- 40

liitin 62 lähetys- ja vastaanottoantennin säteilykuvioon sallii kahden järjestelmän käyttää yhteisiä taajuusalueita. Esillä olevan keksinnön parhaana pidetyssä suoritusmuodossa lähetystksen ja vastaanoton nollakohdat on asetettu samoihin suuntiin. Suuntainformaatio on mieluimmin kuvion 5 1 vastaanoton DBF-ohjaimelle 36 ja lähetystksen DBF-ohjaimelle 48 yhteen.

Eräässä parhaana pidetyssä suoritusmuodossa antennin nollakohdan suuntausohjaus määritetään häiritsevästä signaalista saattua tulokulmainformaatiota käyttäen. GSO-satelliitin 10 62 DBF tarkkailee näkökenttäänsä etsien mieluimmin kahta signaaliluokkaa, synergistisiä ja ei-synergistisiä. Synergistiset signaalit ovat sellaisia signaaleja, joiden ominaispiirteet ovat tunnetut. Nämä synergistiset häiritsevät signaalit demoduloidaan mieluimmin GSO-satelliitissa 62 kantataajuustasolla, ja tästä johtuen lähetystksen ja vastaanoton digitaaliset antennikeilojen muodostuskertoimet asetetaan tämän häiritsevän signaalin pienentämiseksi ja 15 sen vastaanoton minimoinnin auttamiseksi. Ei-synergististen signaalien, ts. tuntemattomien signaalien tapauksessa näistä signaaleista aiheutuvien häiriöiden lieventämiseksi käytetään perustulosuuntateknikkaa.

Esillä olevan keksinnön digitaalista antennikeilojen muodostinta voidaan käyttää myös NGSO-satelliitissa 60 ja nollakohdat voidaan muodostaa GSO-päätteen 66 ja häiritseväni signaalilähteen 64 suunnassa.

Esillä olevan keksinnön eräs etu on se, että taajuusalueen yhteiskäyttö paranee, kun geostationaarisia satelliitteja on tiheämässä. Esimerkiksi kuviossa 1 kuvattua digitaalista antennikeilojen muodostinta käytettäessä geostationaariset satelliitit voidaan sijoittaa vähemmän kuin 30 2°:n erottamille rataväleille. Esimerkiksi kun viestintä- 35

pääte on yhteydessä sille osoitettuun geostationaariseen satelliittiin, kuka geostationaarinen satelliitti lähetää yleislähetyksenä suuntauskanavainformaation (acquisition channel information). Viestintäpäätteen antenni vastaanottaa tämän informaation kultakin näköpiirissä olevalta satelliitiltä. Kun suuntauskanavat (acquisition channels) ovat erotettavissa jollakin tavalla, kuten esimerkiksi taajuuden perusteella, maapääte mieluimmin vastaanottaa jokaisen suuntauskanavan ja määrittää kunkin suuntaussignaalin (acquisition signal) tulosuunnan. Käytettäessä digitaalista antennikeilojen muodostinta geostationaarisen satelliitin maapäätteessä se mieluimmin asettaa lähetys- ja vastaanottoantennikeilansa ominaispiirteet siten, että se suuntaa pääantennikeilansa halutun geostationaarisen satelliitin suuntaan ja samalla suuntaa nollakohdan muiden geostationaaristen satelliittien suuntaan. Tulosuunta voidaan määrittää käyttämällä muun muassa viestintäpäätteen sijaintiin liittyvää informaatiota.

Superresoluutiotekniikat sallivat näiden signaalien avaruudelliseksi erottelutarkkuudeksi noin 1/10 antennikeilan leveydestä. Tällaisen suuren erotustarkkuuden ylläpitämiseksi suuret signaalikohinasuhteet arvot ovat toivottavia. Näin ollen maa-asema, jossa on sopiva määrä ryhmäelementtejä 22 (kuvio 1), saa aikaan hyväksyttävän signaalikohinasuhteet ja sopivat antennikeilan vahvistusominaisuudet.

Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa geostatationaarisesa satelliitissa toteutettu digitaalinen antennikeilojen muodostin ylläpitää antennin kohdenusta. GSO-satelliittien paikka kiertoradalla esimerkiksi ajautuu hitaasti. Tarvitaan tyypillisesti satelliitin paikan vakavointia satelliitin pysytämiseksi oikeassa paikassa. Kun GSO-satelliitti ajautuu, sen antennikeilat

siirtyväät tarkoitetusta kohdennussuunnastaan sivuun, ja satelliittiantennien kohdennussuunnan tarkistamiseksi käytetään erilaisia korjaustekniikoita, jotka perustuvat äänitaajuuksien (frequency tones) lähetämiseen järjestelmän ohjauslaitteistosta. GSO-satelliittien antennijärjestelmät, jotka perustuvat heijastin- tai linssiantenneihin, korjaavat nämä siirtymiset liikuttamalla antennejä tai antennien syöttöjohtoja fysikaalisesti. Tällainen tekniikka edellyttää, että antennikomponentit on asennettu liikkuvin rakenteisiin. Esillä olevan keksinnön digitaalinen antennikeilojen muodostin eliminoi näiden mekaanisten rakenteiden tarpeen. Digitaalinen antennikeilojen muodostin korjaa antennikeilan kohdennussuunnan geostationaarisen satelliitin sijaintipaikan ajautuessa. Tämä korjaus perustuu mieluimmin lähetetyn tai vastaanotetun signaalin laatusojen käyttämiseen.

Kuvio 4 esittää satelliittia, joka muodostaa yksittäiset antennikeilat esillä olevan keksinnön mukaista digitaalista antennikeilojen muodostinta käyttäen. Satelliitti 50 voi olla joko geostationaarinen satelliitti tai ei-geostationaarinen satelliitti. Satelliittiin 50 liittyy peittoalue (footprint region), joka on se maantieteellinen alue, jolle satelliitti 50 antaa viestintäpalveluja. Satelliitti 50 voi kattaa peittoalueen 53 yhdellä antennikeilalla peittoalueelta tulevien signaalien osalta, viestintäpalvelujen kysynnän tarkkailu, häiriöiden tarkkailu ja palvelua pyytävien tilaajayksiköiden tarkkailu mukaanluettuna. Satelliitti 50 muodostaa myös useita yksittäisiä antennikeiloja 52 peittoalueellaan 53. Esillä olevan keksinnön mukainen digitaalinen antennikeilojen muodostin on sovitettu muodostamaan nämä antennikeilat. Yksittäiset antennikeilat 52 muodostetaan useilla eri tavoilla, ja ne muodostetaan mieluimmin yksittäiselle tilaajayksikölle. Yksityisiä antennikeiloja 52 muodostetaan myös viestintäpalve-

lujen kysynnän mukaan. Yksityiset antennikeilat 52 seuraavat tilaajayksikön liikkumista satelliitin peittoalueen 53 kautta. Nämä on selitetty yksityiskohtaisemmin jäljempänä kuvatuissa proseduureissa.

5

Kuvio 5 esittää antennikeilojen projektioita maanpinnan alueen eräässä osassa esillä olevan keksinnön parhaana pidetyn suoritusmuodon mukaista digitaalista antennikeilojen muodostinta käytettäessä. Tässä suoritusmuodossa antennikeiloja muodostetaan viestintäpalvelujen kysynnän mukaan. Kyky mukautua liikennetarpeeseen on hyvin toivotava missä tahansa satelliittijärjestelmässä. Kuvion 1 digitaalinen antennikeilojen muodostin 10 suorittaa antennin säteilykuviossa olevien nollakohtien sijoittamisen sekä suorittaa antennikeilojen muotoilun ja määrään muut antennikeilojen ominaispiirteet, joita muutetaan dynaamisesti näitä digitaalisia antennikeilojen muodostustekniikoja käyttäen. Esillä olevan keksinnön parhaana pidetyssä suoritusmuodossa digitaalinen antennikeilojen muodostin 10 saa aikaan dynaamisesti uudelleen sovitettavat antennin säteilykuviot, kuten esimerkiksi sellaiset kuin kuviossa 5 on esitetty. Nämä esimerkkinä olevat antennin säteilykuviot perustuvat kulloisiinkin liikennetarvetasoihin. Esimerkiksi antennikeila 74 muodostaa laajan peiton suurelle alueelle, jolla viestintäpalvelujen kysyntä on vähäinen, kun taas antennikeilat 80 ovat pieniä ja muodostavat viestintäkapasiteetin suuren keskittymän sellaiselle alueelle, jolla viestintäpalvelujen kysyntä on suuri.

30 Eräässä toisessa suoritusmuodossa antennikeiloja muodostetaan viestintäpalvelujen kysynnän mukaan. Antennikeiloja 74 muutetaan ja muokataan esimerkiksi sellaisen maantieteellisen alueen ääriiviavan approksimoimiseksi, jolla viestintäpalvelujen kysyntä on suuri jonkin sellaisen alueen lähialueella, jolla, kuten esimerkiksi valtamerell-

35

Tehtävässä 102 viestintääsasema kuuntelee signaaleja mieluimmin satelliitin peittoalueen piirissä. Vastaanoton antennikeilojen ohjainmoduuli 34 sovittaa antennikeilat muodostamaan mieluimmin vähintään yhden leveän antennikeilan, joka kattaa olennaisesti satelliitin koko peittoalueen. Näin ollen signaaleja vastaanotetaan mistä tahansa tämän peittoalueen piirissä tällä yhdellä antennikeilalla. Vastaanotettavat signaalit voivat käsittää signaaleja olemassa olevilta käyttäjiltä, jotka ovat jo yhteydessä satelliittijärjestelmään, häiritseviä signaaleja, esim. signaaleja, häiritsevät signaalit mukaanluettuna, muulta kuin järjestelmän käyttäjiltä sekä järjestelmään pääsyä pyytäviltä järjestelmän käyttäjiltä lähtöisin olevia signaaleja.

Tehtävä 104 toteaa, onko signaali lähtöisin olemassa olevalta käyttäjältä. Olemassa olevan käyttäjän sijainti on yleensä tiedossa. Jos vastaanotettu signaali ei ole lähtöisin olemassa olevalta käyttäjältä, tehtävä 106 määritää tämän signaalilähteen sijainnin. Alan asiantuntijat ovat selvillä siitä, että signaalilähteen maantieteellisen sijainnin määrittämiseksi voidaan käyttää useita erilaisia tapoja. Näihin tapoihin voivat kuulua tulokulman, tulonajan, tulotaajuuden jne. analysointi. Vaihtoehtoisesti jos signaalilähde on järjestelmään pääsyä pyytävä käyttäjä, tämä tilaajayksikkö voi antaa maantieteelliset koordinaatit järjestelmään pääsyä koskevassa yhteyspyyntosignaalisaan (system access request signal).

Signaalilähteen sijainnin määrittämisen jälkeen tehtävä 110 toteaa, onko signaali häiritsevä signaali. Toisin sanoen tehtävä 110 toteaa, tuleeko signaalilähde häiritsevä satelliittijärjestelmälle varatun taajuusalueen jotaakin osaa tai vaihtoehtoisesti, onko häiritsevä signaali viestintäkanava, joka on parhaillaan käytössä satelliit-

tiin yhteydessä olevalla tilaajayksiköllä. Jos tehtävä 110 on todennut, että signaalilähde ei ole häiritsevä signaali ja että signaalilähde on uutta kanavaa koskeva pyyntö, tehtävä 112 kohdentaa antennikeilan tämän käyttäjän suuntaan. Tehtävä 112 voi käyttää erilaisia turva- ja yhteyspyyntöproseduureja (security and access request procedures), jotka eivät välittämättä ole esillä olevan keksinnön kannalta tärkeitä. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa tehtävä 112 suoritetaan vastaanoton ja lähetysten DBF-ohjaimien 36 ja 48 avulla, jotka antavat asianmukaisen informaation antennikeilojen ohjausmoduuleille 34 ja 42.

Antennikeilojen ohjausmoduulit 34 ja 42 panevat vastaanoton ja lähetysten DBF-piirin 32 ja 40 kehittämään yksittäiset vastaanotto- ja lähetysantennikeilat, jotka on suunnattu tässä tilaajayksikön maantieteellisessä sijaintipaikassa olevaan tilaajayksikköön. Tehtävät 114 ja 116 asettavat mieluummin toistuvasti lähetysten ja vastaanoton DBF-kertoimet tilaajayksiköltä vastaanotetun signaalin paremman laadun aikaansaamisen helpottamiseksi.

Esillä olevan keksinnön eräässä parhaana pidetyssä suoritusmuodossa tilaajayksikkö antaa yhteyden laatulukeman (LQI, link quality indicator), joka ilmaisee vastaanotetun signaalin laadun. Tilaajayksikkö antaa tämän yhteyden laatulukeman satelliitille. Vastaanoton DBF-ohjain 36 ja lähetysten DBF-ohjain 48 evaluoivat yhteyden laatulukeman pannen lähetysten antennikeilojen ohjausmoduulin 42 asettamaan DBF-ohjauskertoimet tilaajayksikölle lähetettävän antennikeilan optimoinnin auttamiseksi.

Kun tehtävä 110 on määrittänyt, että signaalilähde on häiritsevä signaali, esimerkiksi muu kuin järjestelmän käyttäjä, tehtävä 118 ja tehtävä 120 laskevat ja asettavat vastaanoton DBF-piirille 32 annettavat vastaanoton DBF-

kertoimet häiritsevästä signaalista aiheutuvan häiriön pienentämisen tai minimoinnin auttamiseksi. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa tehtävä 118 asettaa antennin säteilykuvioon "nollakohdan" häiritsevän signaalin suunnassa. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa tehtävä 118 ja 120 toistetaan, kunnes häiriö on ennalta määritettyä tasoa pienempi. Tehtävässä 122 häiritsevää signaalia tarkkaillaan ja seurataan jatkuvasti joko satelliitin liikkuessa tai häiritsevän signaalin liikkuessa.

10

Kun tehtävä 104 on todennut, että signaalilähde on olemassa oleva käyttäjä, tehtävä 124 ratkaisee, milloin kanavanvaihto on tarpeen. Esillä olevan keksinnön joissakin suoritusmuodoissa tilaajayksikkö pyytää kanavanvaihtoja, kun taas esillä olevan keksinnön toisissa suoritusmuodoissa järjestelmä ratkaisee, milloin kanavanvaihto on välttämätön. Kanavanvaihdot määritetään mieluimmin signaalinlaadun perusteella. Yleensä kanavanvaihtoa pyydetään, jos käyttäjä on lähellä antennin säteilykuvion peittoalueen tai rajitusvyöhykkeen (exclusion zone) reunaa.

15

Esillä olevan keksinnön eräässä parhaana pidetyssä suoritusmuodossa antennikeilat muodostetaan kullekin tilaajayksikölle erikseen, ja yksityinen antennikeila seuraa tilaajayksikön sijaintia. Nämä ollen kanavanvaihtoja tapahtuu vain satelliittien välillä, ja ne ovat välttämättömiä satelliitin peittoalueen reunalla. Jos kanavanvaihto on välttämätön, suoritetaan tehtävä 112, joka kohdentaa käyttäjälle uuden antennikeilan toiselta satelliitiltä. Jos kanavanvaihto ei ole tarpeen, suoritetaan tehtävä 128. Tehtävässä 128 kaistan sisäpuolisia häiriöitä tarkkaillaan yhdessä vastaanotetun tehotason ja yhteyden laadun vertauslukujen (quality metrics) kanssa.

20

25

30

Tehtävässä 132 vastaanoton ja lähetysten DBF-kertoimien asetus auttaa parannetun tai maksimaalisen signaalilaadun ylläpitämistä, kaistan sisäpuolisen häiriön pienentämistä tai minimointia ja vastaanotetun tehotason maksimointia.

5 Tämän "seurantamoodin" ("tracking mode") aikana ilmenevät häiriösignaalit 130 voivat aiheuttaa signaalilaadun huu-
nonemisen. Tämän johdosta tehtävä 132 asettaa DBF-kertoim-
met uudelleen dynaamisesti, mikä auttaa signaalilaadun
10 ylläpitoa. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuo-
dossa viestintäpäätteet tai tilaajayksiköt antavat yhtey-
den laatulukemat 131. Näin ollen tehtävien 128 - 132 yh-
distelmä suorittaa tilaajayksikön seurannan tilaajayksikön
ja satelliitin keskinäisen sijainnin muuttuessa. Tehtävä
15 134 ratkaisee, milloin kanavanvaihto on tarpeen. Jos kana-
vanvaihtoa ei tarvita, tilaajayksikkö pysyy seurantatilas-
sa. Jos kanavanvaihto on tarpeen, tehtävä 136 suorittaa
kanavanvaihdon seuraavalle satelliitille. Esillä olevan
keksinnön eräässä suoritusmuodossa seuraavalle satellii-
tille ilmoitetaan, että kanavanvaihto on tarpeen, ja sillä
20 annetaan tilaajayksikön maantieteellinen sijainti. Näin
ollen seuraava satelliitti voi kohdentaa ja kehittää an-
tennikeilan erityisesti tästä tilaajayksikköä varten ennen
tilaajayksikön vapauttamista sen kulloiseltakin satellii-
tilta. Sen jälkeen kun tilaajayksikkö on vaihdettu seuraa-
25 valle satelliitille, tehtävä 138 lisää käytettävissä ole-
van antennikeilan varalla oleviin resursseihinsa, mikä
sallii tämän antennikeilan olevan käytettävissä toisen
tilaajayksikön suuntaan kohdennettavaksi.

30 Kuvio 8 vuokaavio, joka kuvaaa proseduuria antennikeilojen muodostamiseksi maantieteellisille alueille viestintäpal-
velujen kysynnän mukaan. Proseduuriin 200, vaikka se on
esitetty ylhäältä alas kulkevana sekventiaalisena vuona,
esitettävissä olevalle antennikeilan varalla oleviin resursseihinsa, mikä
35 sallii tämän antennikeilan olevan käytettävissä toisen
tilaajayksikön suuntaan kohdennettavaksi.

tehtävät ja vaiheet suoritetaan mieluimmin rinnakkain, ja proseduuri 200 suoritetaan mieluimmin monien tilaajayksiköjen osalta samanaikaisesti. Alan asiantuntijat pystyvät kirjoittamaan vastaanoton DBF-ohjaimelle 36 ja lähetyksen DBF-ohjaimelle 48 ohjelmiston proseduurin 200 tehtävien suorittamiseksi. Vastaanoton ja lähetyksen DBF-ohjaimet 36 ja 48 suorittavat proseduurin 200 tehtäviä mieluimmin ja kuvasti. Vaikka proseduuri 200 on selitetty satelliitin ja maassa sijaitsevan tilaajayksikön välisen tietoliikenteen tapauksessa, niin proseduuri 200 on sovellettavissa mihin tahansa viestintääsemaan linkkiasemat ja viestintäpäätteet mukaanluettuna.

Tehtävässä 202 viestintäpalvelujen kysyntää tarkkaillaan satelliitin peittoalueen piirissä. Parhaana pidetyssä suoritusmuodossa yhtä antennikeilaa käytetään kysynnän tarkkailuun koko peittoalueella. Tehtävässä 204 määritetään suuren kysynnän ja vähäisen kysynnän maantieteelliset alueet. Tehtävä 204 voidaan suorittaa monilla eri tavoilla. Esimerkiksi kuhunkin tilaajayksikköön, joka on yhteydessä järjestelmään, liittyy maantieteellinen sijainti. Lisäksi kukaan tilaajayksikkö, joka pyytää pääsyä järjestelmään, voi antaa järjestelmälle maantieteelliset sijaintitiedot. Sen jälkeen kun suuren kysynnän ja vähäisen kysynnän maanmittausjärjestelmä on määritetty, tehtävä 206 panee tieteellinen sijainti on määritetty, tehtävä 206 panee DBF:n antennikeilojen ohjausmoduulit muodostamaan vähemmän antennikeiloja vähäisen kysynnän alueille ja muodostamaan enemmän antennikeiloja suuren kysynnän alueille. Esillä olevan keksinnön eräässä suoritusmuodossa kukaan antennikeila saa aikaan rajoitetun määrään viestintäkapasiteettia.

Kuvion 5 mukaan vähäisemmän kysynnän alueille muodostetaan antennikeiloja, joiden peittoalue on paljon suurempi kuin suuren kysynnän alueille muodostettavien antennikeilojen. Esimerkiksi kuvion 5 antennikeila 74 kattaa suuren maanmittausjärjestelmän.

tieteellisen alueen, jolla viestintäpalvelujen kysyntä parhaillaan on vähäinen. Vaihtoehtoisesti antennikeiloilla 80 on paljon pienemmät maantieteelliset peittoalueet, ja ne antavat enemmän viestintäkapasiteettia sellaiselle alueelle, jolla viestintäpalvelujen kysyntä parhaillaan on suuri. Esillä olevan keksinnön eräässä toisessa suoritusmuodossa tehtävät 206 ja 208 asettavat antennikeilojen muodon viestintäpalvelujen kysynnän perusteella. Esimerkiksi kuvion 5 mukaan antennikeilat 74 ovat pitkiä, kapeita keiloja, jotka on muodostettu viestintäpalvelujen paremman aluepeiton aikaansaamiseksi. Esimerkiksi rannikkoalueille muodostetaan kapeita keiloja viestintäkapasiteetin pienentämiseksi valtameren päällä, missä tarvitaan merkittävästi vähemmän viestintäkapasiteettia. Tässä suoritusmuodossa antennikeiloja 74 muokataan mieluimmin dynaamisesti viestintäpalvelujen kysynnän mukaan.

Viestintäpalvelujen kysynnän muuttuessa antennikeiloja 70 muodostetaan dynaamisesti sen mukaan. Esimerkiksi kuvio 5 esittää Yhdysvaltain viestintäpalvelujen mantereellista kuvaaa. Päivän alkaessa antennikeiloja muodostetaan aluksi pitkin Yhdysvaltain itärannikkoa. Päivän edetessä antennikeilat kelloajan muuttuessa siirtyvät maan poikki viestintäpalvelujen kysynnän mukaan. Luonnononnettomuuden tapauksessa, jolloin viestintäpalvelujen kysyntä saattaa olla erityisen suuri, voidaan muodostaa tiettyyn käyttöön osoittettuja antennikeiloja. Satelliittien valvontalaitteisto voi käskeä satelliitin digitaalisen antennikeilojen muodostimen 10 varaamaan antennikeiloja sen mukaisesti. Antennikeiloja 70 muodostetaan yleensä mieluimmin viestintäpalvelujen muuttuvan kysynnän mukaan ilman operaattorien apua.

Kuvio 9 esittää esillä olevan keksinnön erään suoritusmuodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen

5 lohkokaaviota. Antennikeilojen muodostin käsittää useita laskentayksiköitä (CU, computing unit) 160 - 176 ja useita summausprosessoita 180 - 184. Laskentayksiköt 160 - 176 muodostavat suoritinmatriisin. Kukin pystyrivi suoritinmatriisissa vastaanottaa vastaavan digitaalisignaalin. Dигitaalisignaalin vastaanotettuaan kukin laskentayksikkö painottaa signaalin itsenäisesti painotetun signaalin kehittämiseksi. Summausprosessorit 180 - 184 muodostavat välineet asiaomaisen vaakarivin kehittämien painotettujen signaalien kehittämiseksi ulostulojen tuottamiseksi. Olen-naista on, että kukin lähtösignaali edustaa painotettua summaa. Dигitaalisen antennikeilojen muodostimen arkkitehtuuri soveltuu diskreettien Fourier-muunnosten nopeaan rinnakkaislaskentaan.

15 10 Kuvio 10 esittää lohkokaaviota, joka edustaa kuvion 9 digitaalisessa antennikeilojen muodostimessa käytökelpoinen laskentayksikön ensimmäistä suoritusmuotoa. Laskentayksikkö käsittää kertojan 190 ja muistiyksikön 192. Laskentayksikkö painottaa tulevan digitaalisignaalin kertomalla sen ennalta lasketulla, muistipiiriin 192 tallennetulla painoarvolla. Kertojan 190 ulostulo edustaa painotettua signaalia.

25 20 30 Muistipiiri 192 voi käsittää mitkä tahansa välineet arvojen tallentamiseksi, joiden välineiden sisältö on digitaalisten antennikeilojen ohjausmoduulien 34, 42 (kuvio 1) päivitetävissä, kuten esimerkiksi ROMin (read only memory; lukumuisti), EEPROMin (electrically erasable programmable read only memory; sähköisesti tyhjennettävä ohjelmoitava lukumuisti), DRAMin (dynamic random access memory; dynaaminen luku-kirjoitusmuisti) tai SRAMin (static random access memory; staattinen luku-kirjoitusmuisti).

Kuvio 11 esittää lohkokaaviota, joka edustaa kuvion 9 digitaalisessa antennikeilojen muodostimessa käyttökelpoisen laskentayksikön toista suoritusmuotoa. Tässä laskentayksikön suoritusmuodossa tuleva signaali painotetaan logaritmiseen lukujärjestelmään (LNS, logarithmic number system) perustuvaa aritmetiikkaa käyttäen. LNS:ään perustuva aritmetiikka antaa sen edun, että kertolaskuoperaatiot voidaan suorittaa summaimilla kertojen asemesta. Digitaaliset summainpíirit ovat yleensä paljon pienempiä kuin niihin verrattavat kertojapiirit, joten antennikeilojen muodostuorittimien matriisin kokoa voidaan pienentää käyttämällä siinä LNS:ään perustuvia laskentayksiköitä.

LNS:ään perustuva laskentayksikkö käsittää logaritmimuuntimen (log converter) 210, summaimen 212, muistipiirin 214 ja käänteislogaritmimuuntimen (\log^{-1} converter) 216. Logaritmimuunnin 210 muuntaa tulevan signaalin ensin sitä vastaavaksi logaritmesignaaliksi. Sen jälkeen summain 212 summaa logaritmesignaalin ja muistipiiristä 214 luetun logaritmisen painoarvon summan muodostamiseksi. Käänteislogaritmimuunnin 216 muuntaa summan sen jälkeen painotukksi signaaliksi.

Logaritmimuunnin 210 ja käänteislogaritmimuunnin 216 voidaan toteuttaa käyttäen mitä tahansa niistä muuntimista, jotka on selitetty edellä mainittuihin liittyviin patenttihakemuksiin numerot 1-4 kuuluvassa rinnakkaisessa US-patenttihakemukseissa.

Kuvio 12 esittää lohkokaaviota, joka edustaa kuvion 9 digitaalisessa antennikeilojen muodostimessa käyttökelpoisen laskentayksikön kolmatta suoritusmuotoa. Tämä laskentayksikön suoritusmuoto on tarkoitettu painottamaan kompleksisignaaleja. Monissa sovelluksissa digitaalisten kompleksisignaalien I- ja Q-komponentit esitetään kahden 3-bitti-

sen sanan avulla. Vaikka kuvion 12 laskentayksikkö ei ole rajoittunut pieniin sananpituuksiin, se antaa etua tällaisissa sovelluksissa, koska se tarvitsee vähemmän tehoa ja tilaa, jos se on toteutettu integroitua piiriä käyttäen.

5

Laskentayksikkö käsittää ensimmäisen kytkimen 220, ensimmäisen muistipiirin 222, toisen kytkimen 224, toisen muistipiirin 226, vähentimen 228 ja summaimen 221. Ensimmäinen muistipiiri 222 tallentaa ensimmäiset ennalta lasketut, 10 imaginaariseen painoon perustuvat arvot. Toinen muistipiiri 226 tallentaa toiset ennalta lasketut, reaaliseen painoon perustuvat arvot. Laskentayksikön tarkoituksena on kertoa nämä kaksi kompleksilukua. Ensimmäinen muisti 22 tallentaa ennalta lasketut arvot I ja Q imaginaarisen painon tapauksessa, kun taas toinen muisti 226 tallentaa ennalta lasketut arvot I ja Q reaalisen painon tapauksessa. Alan asiantuntijalle on ilmeistä, että käytettäessä 3-bittisiä sanoja kompleksikertoimien ja painojen esittämiseen, kompleksikomponentit ja painot edellyttäisivät 15kin muistin tallentavan kahdeksan 6-bittistä sanaa.

Ensimmäinen kytkin 220 muodostaa välineet ensimmäisen muistipiirin osoittamiseksi joko I- tai Q-komponenttia käyttäen yhden ensimmäisistä ennalta lasketuista arvoista 25 valitsemiseksi ensimmäisen muistipiirin ulostuloksi. Toinen kytkin 224 muodostaa välineet toisen muistipiirin 226 osoittamiseksi joko I- tai Q-komponenttia käyttäen yhden toisista ennalta lasketuista arvoista valitsemiseksi toisen muistipiirin ulostuloksi.

30

Vähennin 228 vähentää ensimmäisen muistin ulostulon toisen muistin ulostulosta painotetun samavaihekomponentin kehittämiseksi, joka sen jälkeen sisällytetään painotettuun signaaliin. Summain 221 summaa ensimmäisen muistin ulostulon ja toisen muistin ulostulon painotetun 90° vaihe-

35

erokomponentin kehittämiseksi, joka myös sisällytetään painotettuun signaaliin.

Eräässä laskentayksikön suoritusmuodossa vähennin 228 5 käsittää summaimen, joka pystyy summaamaan kahdenkomple- menttilukuja. Ennalta lasketut arvot tallennetaan muistiin joko kahdenkomplementtiarvoina tai laskentayksikköön on sijoitettu lisälogiikka mainittujen ennalta laskettujen 10 arvojen muuntamiseksi niitä vastaaviksi kahdenkomplement- tiarvoiksi.

Vähennin 228 käsittää mieluimmin summaimen, jonka siirto- 15 bittisisäänmeno (carry input) on asetettu ykköseksi, sekä kääntimet toisen muistin ulostulon yhdenkomplementtiarvo- jen muodostamiseksi. Summain käyttää todellisuudessa tois- sen muistin ulostulon kahdenkomplementtiarvoja summaamalla 20 siirtobittisisäänmenon ja yhdenkomplementtiarvon.

Kuvio 13 esittää lohkokaaviota, joka edustaa kuvion 9 20 digitaalisessa antennikeilojen muodostimessa käytökelpoi- sen summausprosessorin ensimmäistä suoritusmuotoa. Tämä summausprosessorin erityinen suoritusmuoto käsittää sum- mainpuun 230. Summainpuu 230 käsittää summaimet, jotka on 25 kytketty toisiinsa sellaisella tavalla, joka sallii kolmen tai useamman tulosignaalin summaamisen samanaikaisesti. Kuviossa 13 esitettyä summainpuutopologiaa käytettäessä N sisäänmenon summaamiseksi tarvitaan N-1 summainta. Mitä tulee kuviossa 13 esitettyyn esimerkkiin, kahdeksan tu- 30 losignaalia voidaan vastaanottaa samanaikaisesti, joten summainpuussa 230 tarvitaan seitsemän summainta. Jos halu- taan summata suurempi määrä tulosignaaleja, tarvitaan enemmän summaimia. Esimerkiksi 128 tulosignaalin summaami- 35 seksi summainpuu vaatisi 127 summainta. Summainpuulla 230 on se etu, että se aiheuttaa pienemmän viiveen lähtösummi- en muodostamisessa.

Kuvio 15 esittää esillä olevan keksinnön toisen suoritus-
muodon mukaisen digitaalisen antennikeilojen muodostimen
lohkokaaviota. Tämä antennikeilojen muodostimen suoritus-
muoto käsittää logaritmimuuntimen 270, useita laskentayk-
siköitä 272-288, käänteislogaritmimuuntimen 290 ja useita
5 summausprosessoria 292-296. Laskentayksiköt 272-288 muo-
dostavat suoritinmatriisiin. Logaritmimuunnin 270 muuntaa
tulevat digitaalisignaalit ensin logaritmisiignaaleiksi.
Kukin pystyrivi suoritinmatriisissa vastaanottaa vastaavan
10 logaritmisiignaalin. Vastaanotettuaan logaritmisiignaalin
kukin laskentayksikkö painottaa signaalin itsenäisesti
summasignaalin kehittämiseksi. Käänteislogaritmimuunnin
290 muuntaa summasignaalit sen jälkeen painotetuiksi sig-
naaleiksi. Kunkin suoritinvaakarivin tapauksessa yksi sum-
15 mausprosessorista 292-296 summaa vastaavat painotetut
signaalit lähtösignaalin kehittämiseksi.

Logaritmimuunnin 270 ja käänteislogaritmimuunnin 290 voi-
20 daan toteuttaa mitä tahansa edellä mainituissa rinnakkai-
sissa US-patentihakemuksissa selitettyjä muuntimia käyt-
täen. Vaikka ratkaisu on selitetty I- ja Q-alueissa, niin
samalaiset tekniikat ovat yhtä hyvin sovellettavissa po-
laariseen alueeseen.

25 Edellä esitetty erityisten suoritusmuotojen selitys pal-
jastaa täydellisesti tämän keksinnön yleisen luonteen
siten, että muut voivat nykyistä tietämystä käyttäen hel-
posti muuttaa, muuntaa ja/tai sovittaa tällaiset erityiset
30 suoritusmuodot eri sovelluksiin keksinnön yleisestä aja-
tuksesta poikkeamatta, ja siksi tällaisten sovitusten,
muutosten ja muunnosten tulisi katsoa kuuluvan ja on tar-
koitettu kuuluvan esitettyjen suoritusmuotojen vastaavuuk-
sien piiriin.

Ymmärrettävää on, että tässä sanamuotoja ja terminologiaa on käytetty selitystarkoituksessa eikä rajoittavassa mielessä. Näin ollen tämän keksinnön on tarkoitettu käsittävän kaikki sellaiset vaihtoehdot, muutokset, muunnokset, 5 ekvivalenssit ja muunnelmat, jotka ovat oheisten patentti-vaatimusten hengen mukaisia ja sen laajassa suoja-alueella.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä viestimiseen tilaajayksikön kanssa käyt-
täen ryhmäantennia (20), joka käsittää digitaalisen anten-
5 nikenikeilojen muodostimen (DBF, digital beam former) (10) ja
joka käsittää useita säteilyelementtejä (22) ohjattavien
antennikenikeilojen muodostamiseksi antennin peittoalueella,
missä mainittu DBF muodostaa jokaista säteilyelementtiä
10 varten kertoimet mainittujen ohjattavien antennikenikeilojen
ominaispiirteiden säätämiseksi, t u n n e t t u seura-
vista vaiheista:

vastaanotetaan viestintäsignaalit mainitulta viestintäase-
malta yhden mainituista ohjattavista antennikenikeiloista
15 puitteissa; ja

asetaan mainitut kertoimet vastaanotettujen viestin-
täsignaalien signaalinlaadun parantamiseksi.

20 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että:

viestintäsignaalien vastaanottovaihe käsittää lisäksi
vaiheen, jossa kunkin mainituista säteilyelementeistä
25 vastaanottamat mainitut viestintäsignaalit muunnetaan
digitaalisiksi I- ja Q-signaaleiksi; ja

käytetään mainittuja kertoimia kunkin mainituista digitaalista I- ja Q-signaaleista muuntamiseksi antennikenikeilojen
30 digitaalisaaleiksi, missä kukin antennikenikan digitaalisaali edustaa yhtä ohjattavaa antennikenikeilaa.

35 3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että se käsittää lisäksi seuraavat vai-
heet:

ennen viestintäsignaalien vastaanottovaihetta vaiheen, jossa vastaanotetaan mainitun viestintääseman tekemä pyyntö viestintäkanavan saamiseksi;

5 pyynnön johdosta määritetään mainitun viestintääseman suunta; ja

10 muodostetaan mainittu yksi ohjattava antennikeila mainitun viestintääseman mainitussa suunnassa kehittämällä mainitut kertoimet.

15 4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että suunnanmääritysvaihe käsittää vaiheen, jossa määritetään signaalien tulosuunta mainitulta viestintääsemalta.

20 5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että se käsittää lisäksi vaiheet, joissa mainitut kertoimet asetetaan leveän antennikeilan muodostamiseksi signaalien vastaanottamiseksi olennaisesti mainitun antennin koko peittoalueelta sekä kapeamman antennikeilan muodostamiseksi signaalien vastaanottamiseksi mainitun antennin peittoalueen tietyltä osalta; ja että

25 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu ryhmäantenni on sovitettu satelliittiin sijoitetuksi ja että mainittu menetelmä käsittää lisäksi seuraavat vaiheet:

30 seurataan mainitun viestintääseman mainittua suuntaa vastaanottamalla mainitut viestintäsignaalit ja asettamalla

mainitut kertoimet uudelleen mainittujen vastaanotettujen viestintäsignaalien signaalinlaadun pysytämiseksi ennal- laan; ja

5 asettamalla mainitut kertoimet uudelleen satelliitin ja mainitun viestintääseman keskinäisen sijainnin muuttuessa.

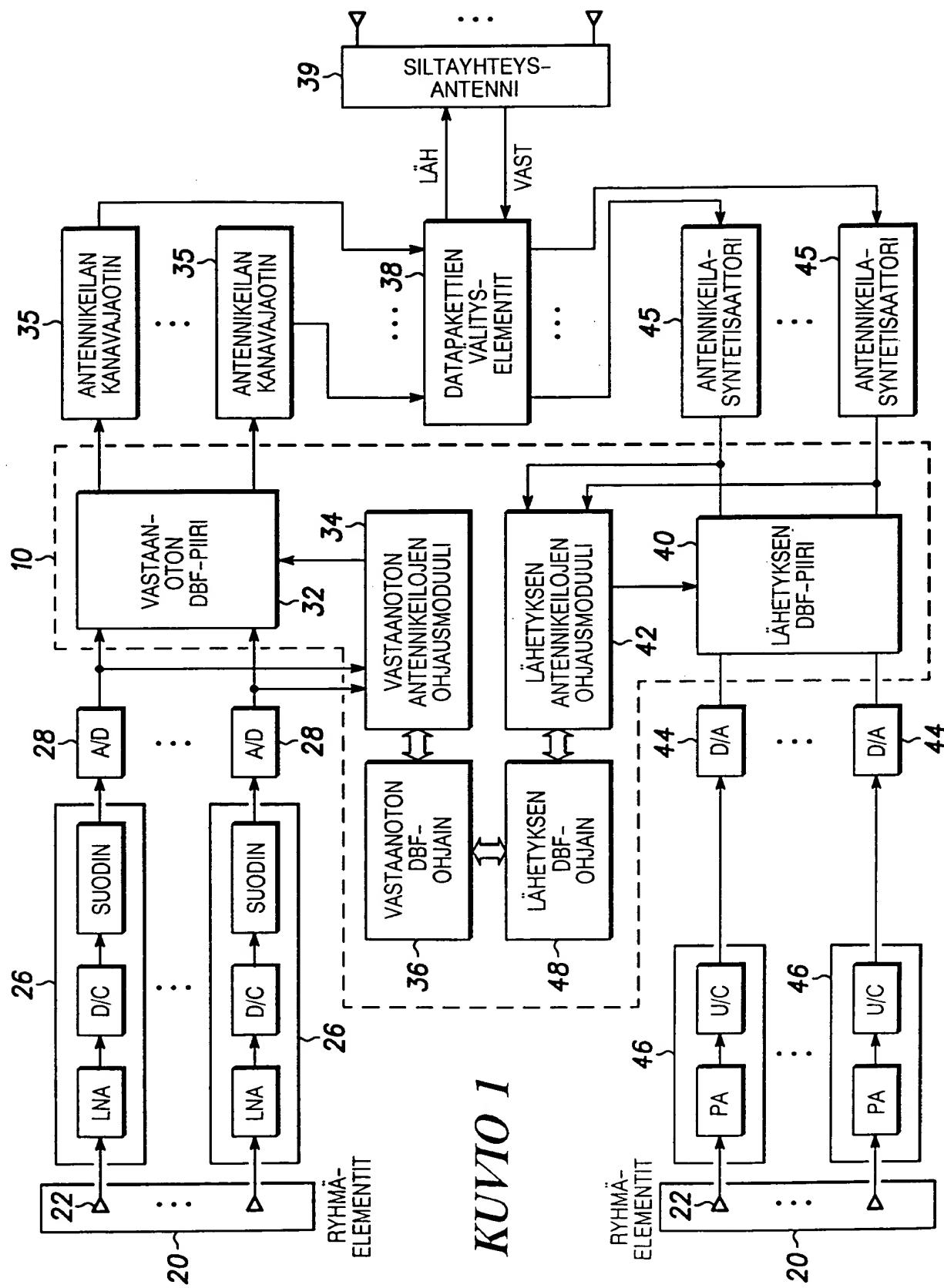
7. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tun-
neettu siitä, että se käsittää lisäksi seuraavat vai-
10 heet:

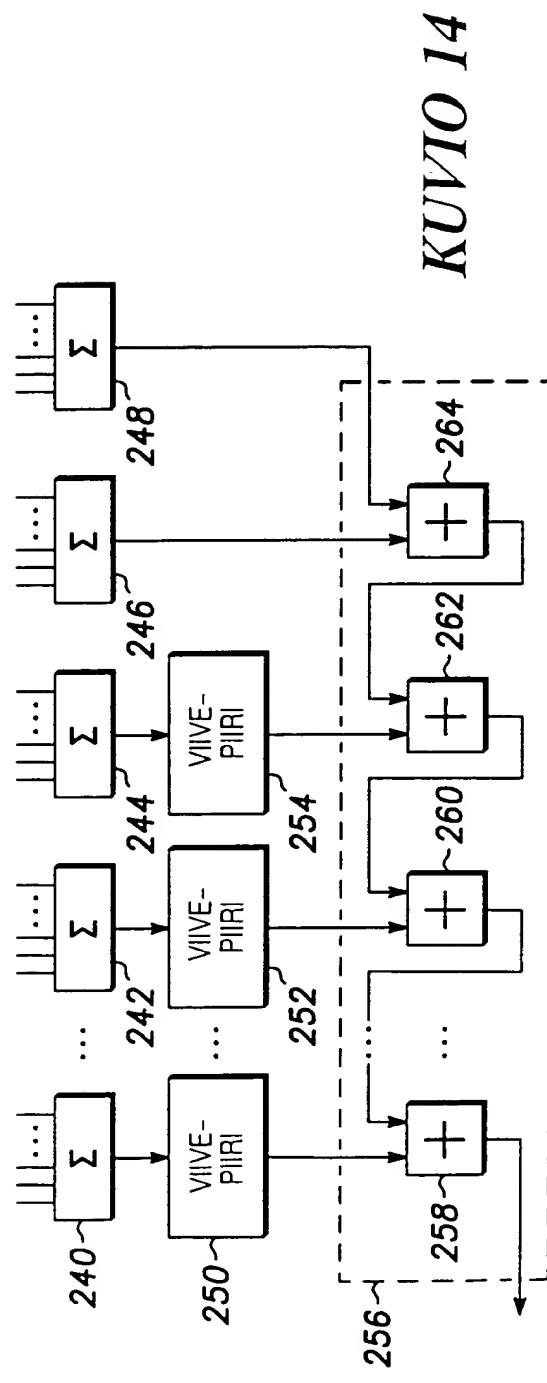
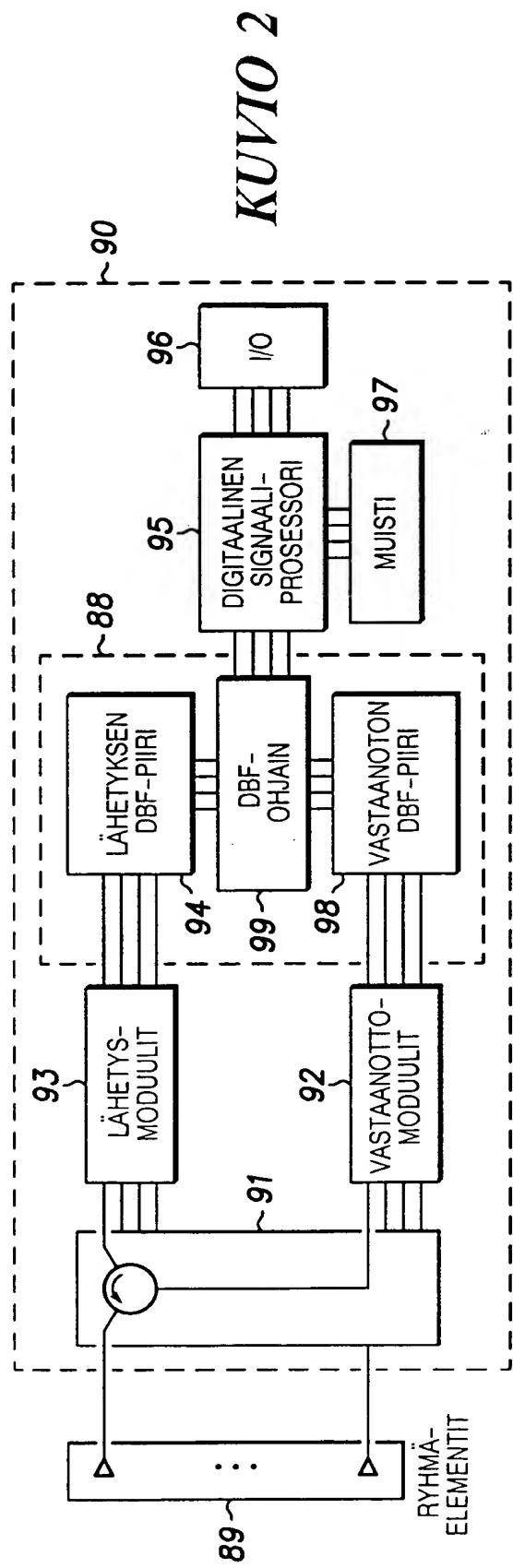
lähetetään viestintäsignaalit mainitulle viestintääsemal-
le;

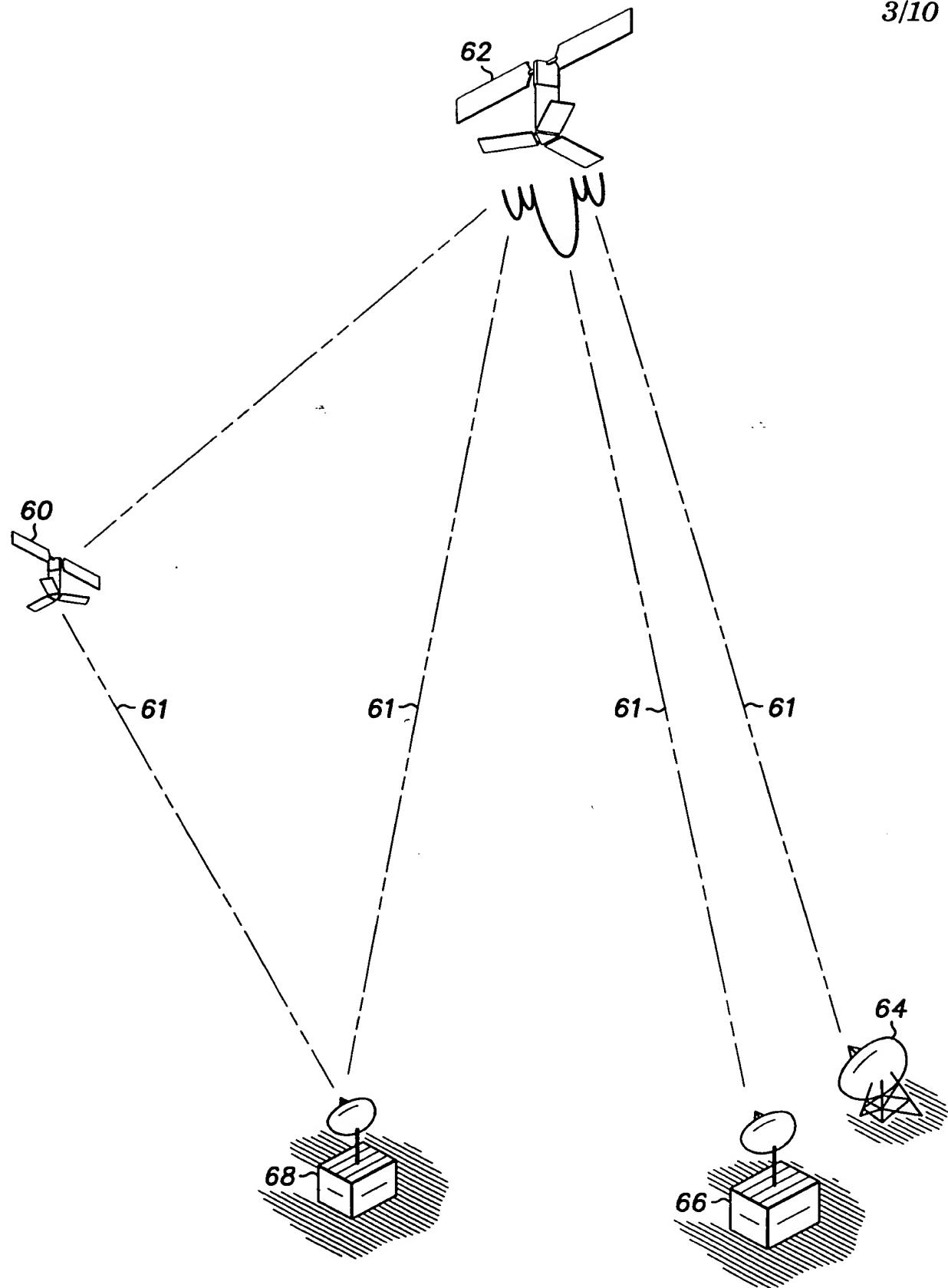
15 vastaanötetaan mainitulta viestintääsemalta yhteyden laa-
tulukema (LQI, link quality indicator), joka ilmaisee
mainitun viestintääseman vastaanottamien mainittujen lähe-
tettyjen viestintäsignaalien signaalinlaadun; ja

20 asetetaan mainitut kertoimet mainitun LQI:n perusteella
myöhemmin lähetettävien viestintäsignaalien signaalinlaa-
dun parantamiseksi.

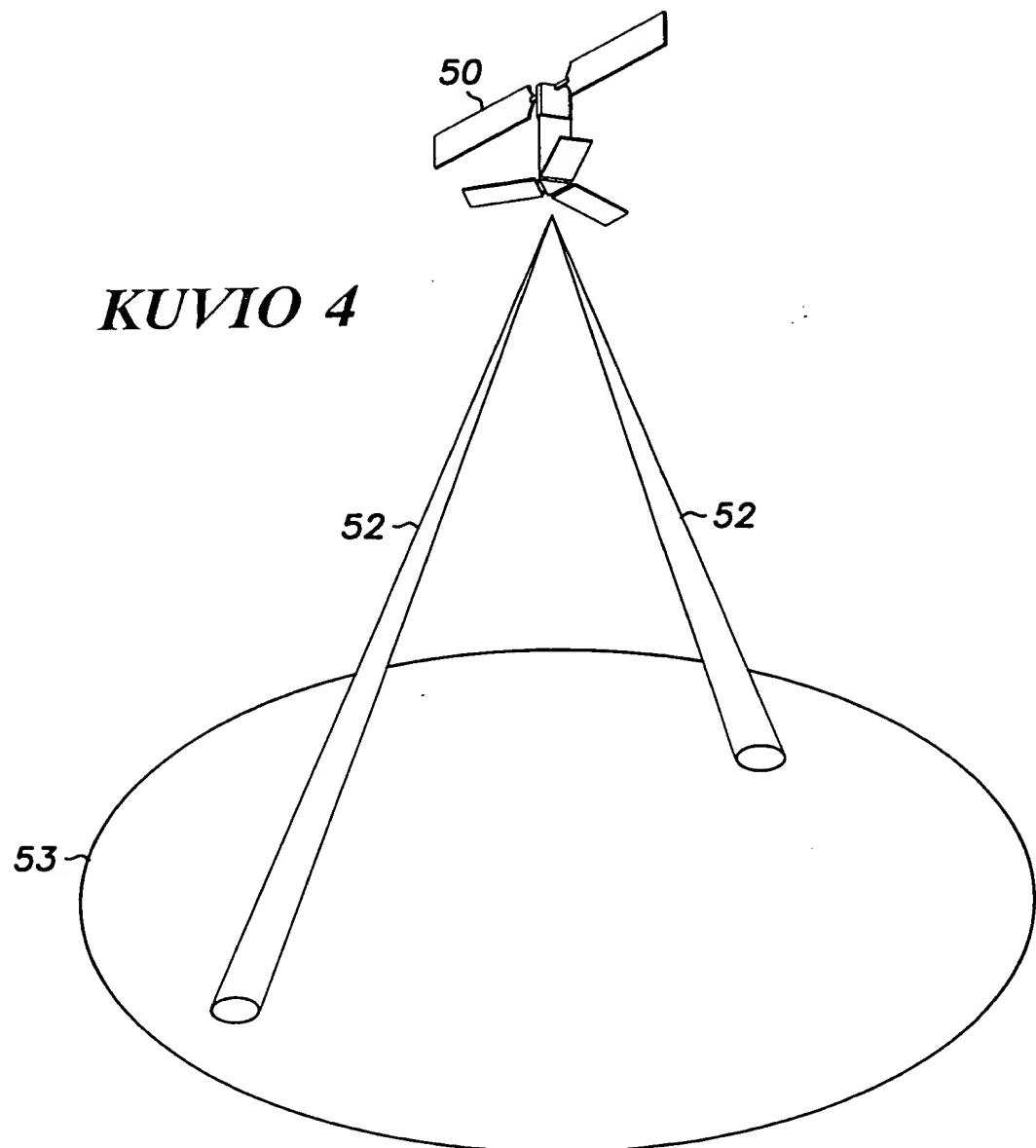
8. Menetelmä viestimiseen tilaajayksikön kanssa käyt-
25 täen ryhmääntennia (20), joka on sovitettu käytettäväksi
yhdessä digitaalisen antennikeilojen muodostimen (DBF,
digital beam former) (10) kanssa ja joka käsittää useita
säteilyelementtejä (22) useiden ohjattavien antennikeilo-
jen muodostamiseksi antennin peittoalueelle maanpinnalle,
30 missä mainittu DBF muodostaa jokaista säteilyelementtiä
(22) varten kertoimet mainittujen ohjattavien antennikei-
lojen ominaispiirteiden säätämiseksi, tunneettu
seuraavista vaiheista:



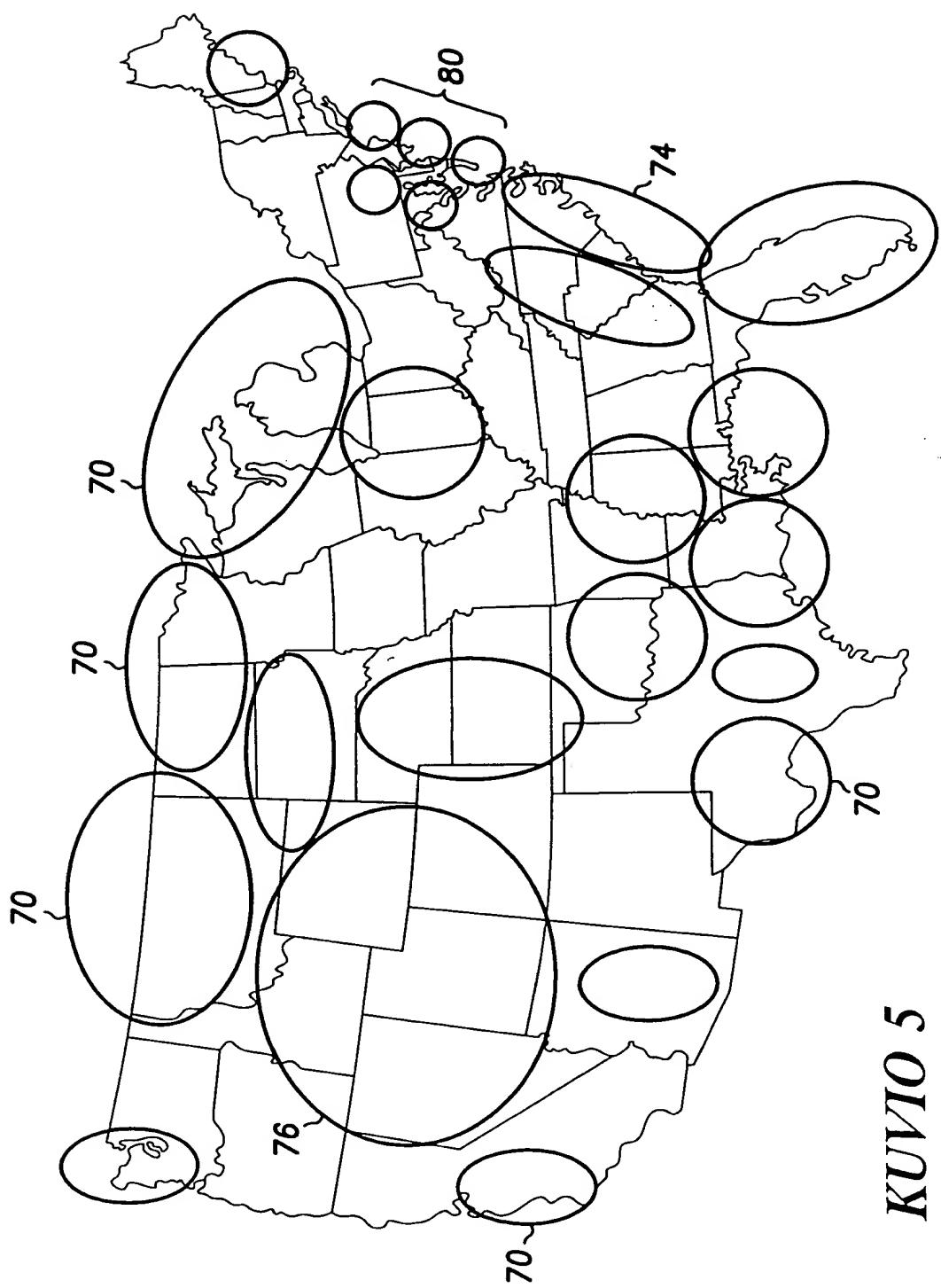




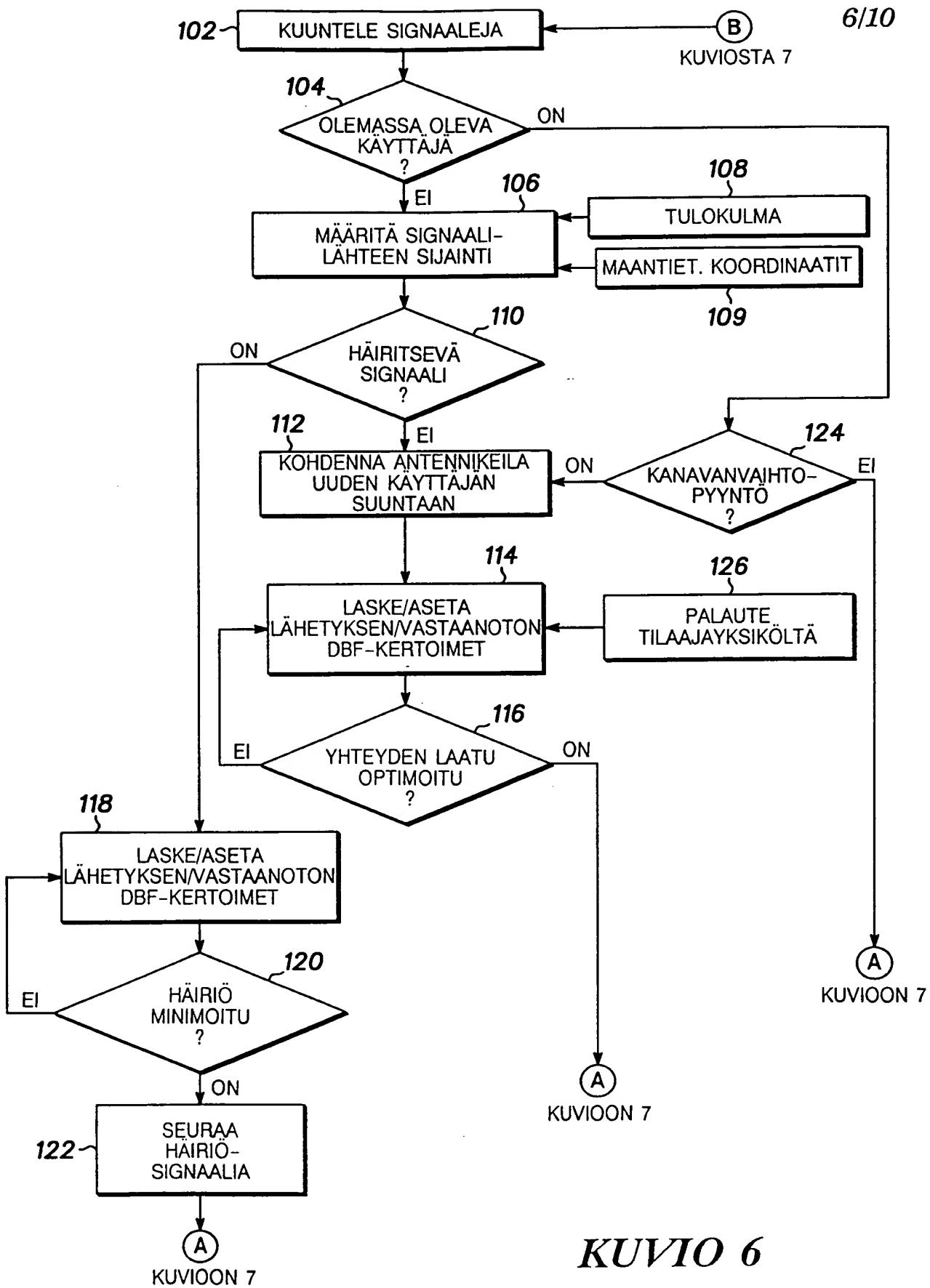
KUVIO 3



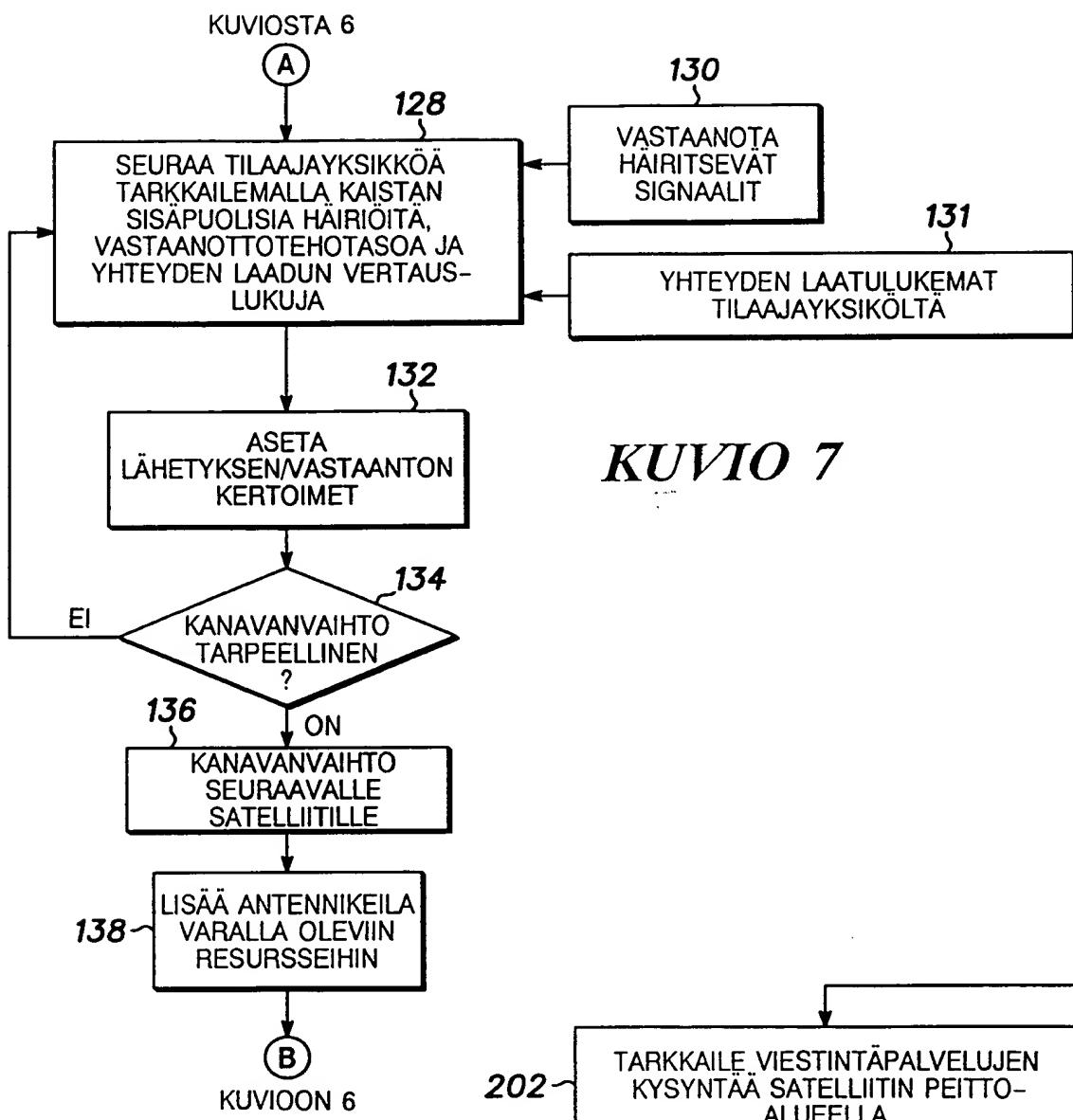
5/10



KUNIO 5

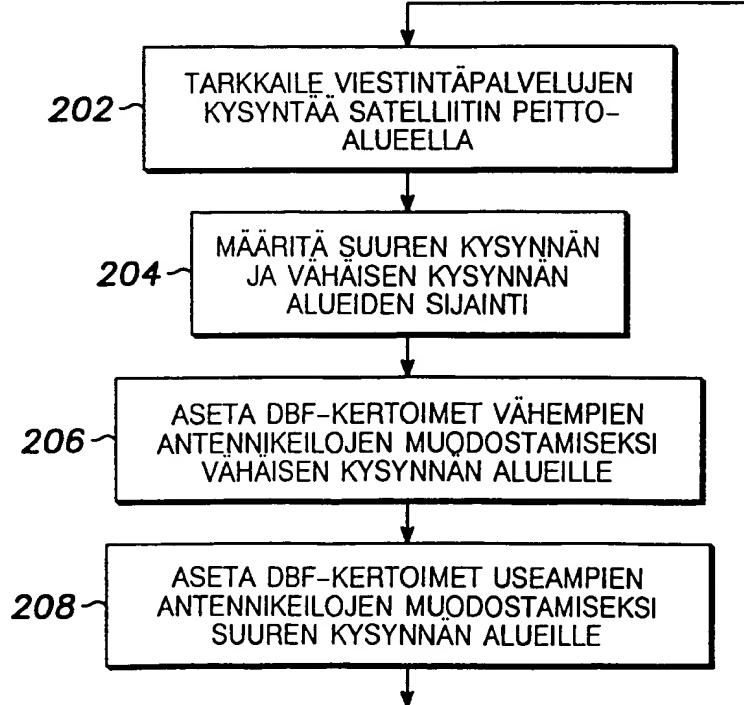


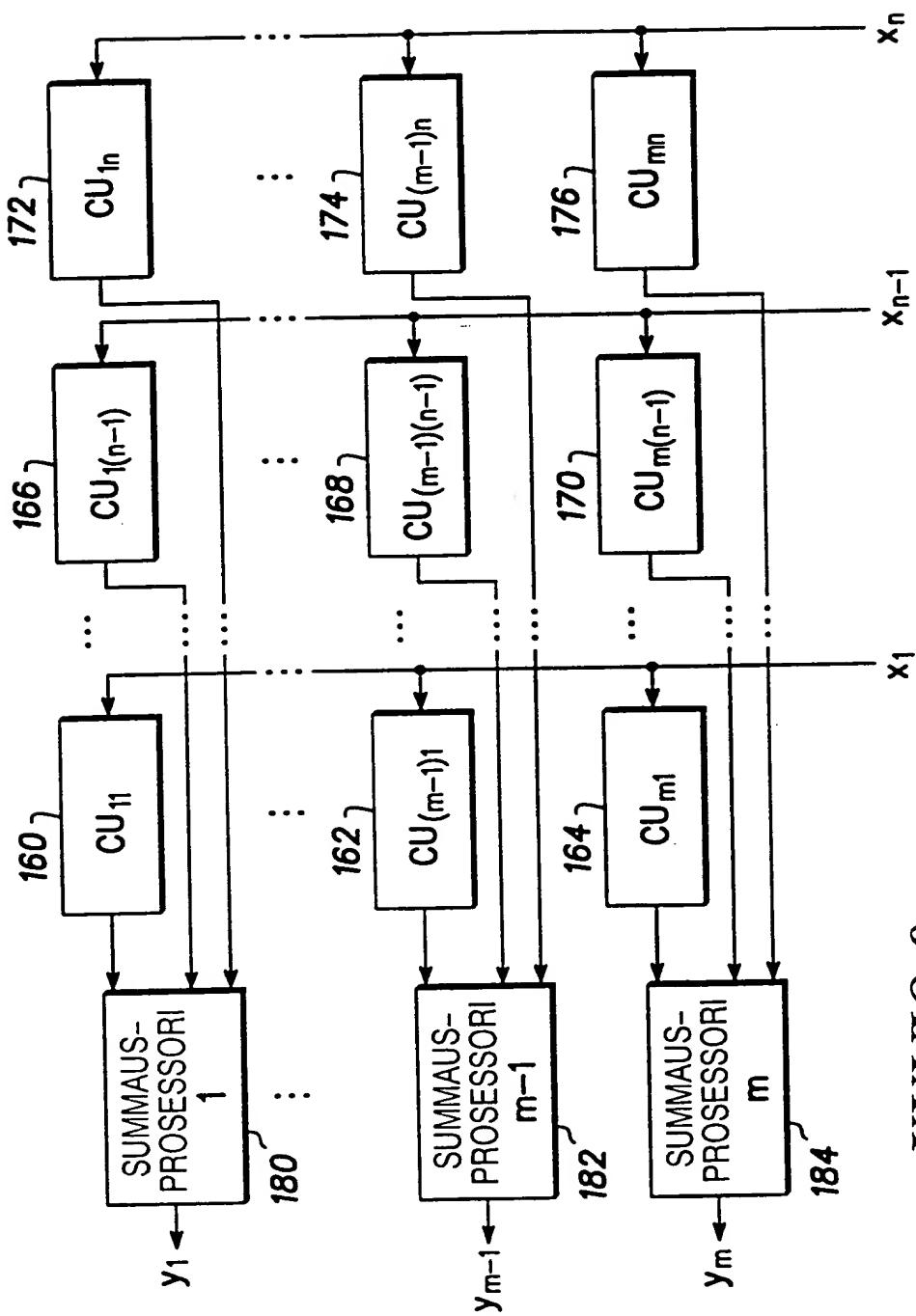
KUVIO 6

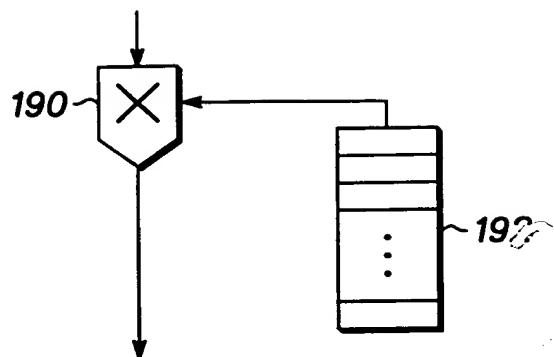


KUVIO 7

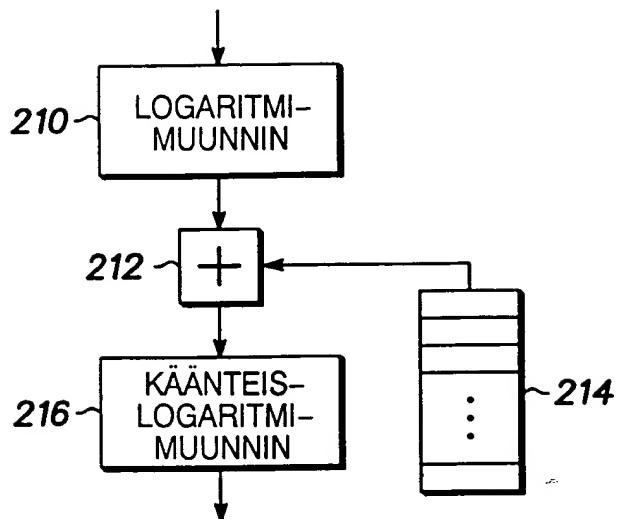
KUVIO 8



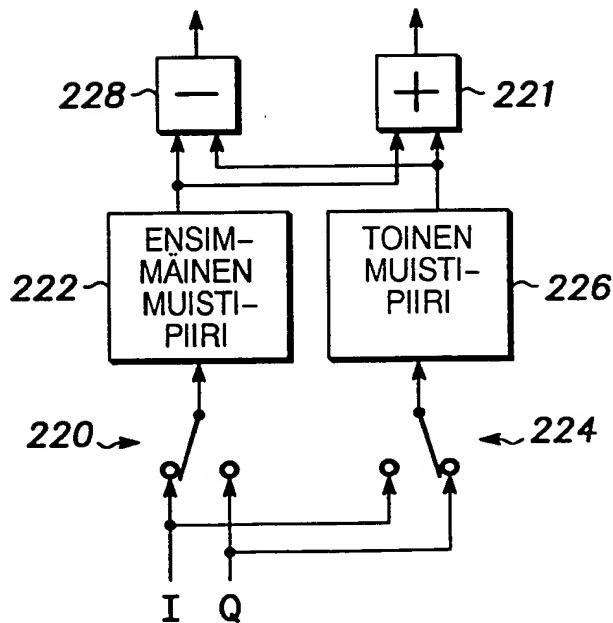




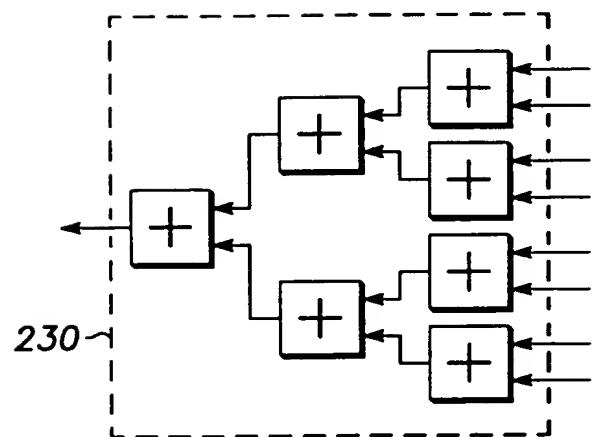
KUVIO 10



KUVIO 11



KUVIO 12



KUVIO 13

